GRUPO FAMETRO

PROJETANDO O FUTURO

Escritas acadêmicas em Engenharia EAD

Organizadores

ALEXANDRA AMARO DE LIMA
ROSINEI BASTOS
KARINA MARIA DA SILVA MOURA KIDA
RENNAN SILVA ITALIANO

1
VOLUME

Editora Poisson

Organizadores
Alexandra Amaro de Lima
Rosinei Bastos
Karina Maria da Silva Moura Kida
Rennan Silva Italiano

Projetando o futuro:
escritas acadêmicas em Engenharia EAD
Volume 1

1ª Edição

Belo Horizonte
Editora Poisson
2025

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Ms. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
MSc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P964
Projetando o futuro: escritas acadêmicas em Engenharia EAD - Volume 1- Organização: Alexandra Amaro de Lima, Rosinei Bastos, Karina Maria da Silva Moura Kida, Rennan Silva Italiano - Belo Horizonte-MG: EditoraPoisson, 2025

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-611-0
DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0

Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1.Engenharia 2. Ensino a distância I. LIMA, Alexandra Amaro de II. BASTOS, Rosinei III. KIDA, Karina Maria da Silva IV. ITALIANO, Rennan Silva V. Título

CDD-620

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Esse e outros títulos podem ser baixados gratuitamente em www.poisson.com.br
Entre em contato pelo contato@poisson.com.br

Organizadores

Profa. Dra. Alexandra Amaro de Lima

Bacharel em Meteorologia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Mestre em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Doutora em Clima e Ambiente pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – (INPA/UEA). Atua no ensino superior desde 2013, como docente nas modalidades presencial e EAD nos cursos de Engenharia Ambiental, Engenharia Elétrica, Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica e Engenharia Civil no Centro Universitário FAMETRO.

Profa. Esp. Rosinei Bastos

Engenheira Civil, Engenheira de Segurança do Trabalho e Especialista em Docência das modalidades presencial e Ead do Ensino Superior. Atualmente é docente nas modalidades presencial; e EAD do Centro Universitário FAMETRO, Conselheira do CREA -AM - AM. Experiência na área de curso Técnico - Técnicos de Segurança do Trabalho, Técnico do Curso de Laser pelo Pronatec e Programa Mil Mulheres.

Profa. Esp. Karina Maria da Silva Moura Kida

Graduada em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Amazonas (2009) e especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Centro Universitário do Norte (2011) e em Gestão e Docência do Ensino Superior pela Ulbra (2019). Atualmente é professora e coordenadora do Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Luterano de Manaus, Conselheira do CREA -AM. Atuou na coordenação do curso de graduação de Engenharia Civil, Engenharia Elétrica e Gestão Ambiental na modalidade EAD no Centro Universitário FAMETRO.

Prof. Esp. Rennan Silva Italiano

Engenheiro Civil, Engenheiro de Segurança do Trabalho e graduando em Engenharia Mecânica. Tenho também MBA em Gestão de Projetos e MBA em Gestão de Pessoas; Especialista em Docência no Ensino Superior; Especialista em Auditoria, Avaliações e Perícias da Engenharia e Especialista em Estruturas de Concreto, Alvenarias, Fundações e Contenções. Possuo mais de 7 anos de carreira no setor educacional, atuando como Coordenador Geral de Polo de cursos EAD (100 online e semipresencial), Coordenador do Bacharelado em Engenharia Civil e Elétrica e Gestão Ambiental na modalidade EAD no Centro Universitário FAMETRO.

Prefácio

Em um mundo em constante transformação, a Engenharia se consolida como uma das forças mais decisivas na construção do futuro. Este e-book — Projetando o Futuro: Escritas Acadêmicas em Engenharia EAD - Volume 1 — nasce com o propósito de ser mais do que uma simples coletânea de textos: ele é um registro do pensamento crítico, da prática aplicada e do olhar inovador de estudantes e profissionais comprometidos com a evolução das áreas de Engenharia Civil e Elétrica.

Aqui, reunimos produções acadêmicas que percorrem temas essenciais para a formação de engenheiros do século XXI. Da base estrutural — com estudos sobre pavimentação, fundações e uso de lajes pré-moldadas — às soluções voltadas à eficiência e segurança — como técnicas construtivas, análise de patologias, instalações elétricas e automação — cada capítulo reflete o compromisso com a qualidade técnica e a aplicação prática do conhecimento.

Além disso, a presença de tópicos sobre energias renováveis, como a tecnologia fotovoltaica, e sobre segurança no ambiente de trabalho evidencia a preocupação com a sustentabilidade, a inovação e o bem-estar humano, valores indispensáveis ao profissional que pretende atuar de forma responsável e transformadora no cenário contemporâneo.

Este volume inaugura uma série que pretende inspirar, orientar e provocar reflexões sobre o papel da Engenharia no desenvolvimento da sociedade. Que as páginas a seguir sirvam como fonte de aprendizado, referência técnica e incentivo ao pensamento crítico, formando profissionais capazes de projetar não apenas obras, mas também um futuro mais inteligente, seguro e sustentável.

Mesc. Meg Rocha da Cunha Serra.
Coordenadora Pedagógica dos Cursos à Distância do
CEUNI FAMETRO

SUMÁRIO

Capítulo 1: Manutenção com agilidade e economia em pavimentos rígidos existentes com recapeamento asfáltico..... 09

Elcirlei Binda Braulio, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.01

Capítulo 2: Implantação e instalação de energia elétrica na comunidade de Santo Antônio de Tracajá, município de Parintins-AM 20

Adreanilson Menezes de Almeida, Alexandra Amaro de Lima, Elton Viana Soares

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.02

Capítulo 3: Pavimentação de concreto intertravado..... 32

David Werley da Costa Assayag, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.03

Capítulo 4: Implementação de um Sistema de Drenagem Profunda no bairro Distrito Industrial da cidade de Parintins-AM..... 46

Domingos Ronnie Guimarães Franco, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.04

Capítulo 5: Execução de reforço de fundações em prédio universitário com estacas raiz 60

Eduardo Lima Sicsú Farias, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.05

Capítulo 6: Projeto de sistema fotovoltaico isolado *off grid* em Unidade Básica de Saúde (UBSI) na aldeia indígena São Joaquim..... 74

Elielton Conrado Medeiros, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.06

Capítulo 7: Sinalização horizontal do Pátio de Aeronaves do Aeroporto de Tabatinga/AM..... 91

Ennio Augusto Salazar de Souza, Alexandra Amaro de Lima, Raykelle Pinto da Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.07

Capítulo 8: Análise de uma fundação em concreto armado no município de Parintins - AM..... 101

Ennyo Xavier, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.08

SUMÁRIO

Capítulo 9: O uso de lajes pré-moldadas em EPS na construção civil 113

Francisco Freitas de Barros, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.09

Capítulo 10: Controle automático de bomba d'água: um circuito simples e eficiente125

Gabriel de Matos da Silva, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.10

Capítulo 11: Geração de energia elétrica no Amazonas com utilização de gás natural liquefeito 143

José Clodualdo de Oliveira, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.11

Capítulo 12: Técnicas construtivas em ambientes internos com drywall: uma comparação analítica de custo-benefício entre o sistema alvenaria convencional..... 158

Josué Osmar Lima Alfaia, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.12

Capítulo 13: Patologias pós-construção observadas na quadra poliesportiva de uma escola municipal no município de Tabatinga/AM 172

Leygel Joscimar Portocarrero Torres, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.13

Capítulo 14: Relatos de experiência no processo de implementação do sistema de energia solar para captação de água potável em uma comunidade indígena..... 185

Luiz Filgueira de Almeida, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.14

Capítulo 15: Manifestações patológicas do pavimento asfáltico: estudo de caso na avenida do futuro Coari-AM 194

Mayhara Ramos da Silva, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.15

Capítulo 16: Revitalização da instalação elétrica do Centro Educativo Nossa Senhora das Graças da cidade de Parintins-AM 205

Menilson Azevedo dos Santos, Alexandra Amaro de Lima, Elton Viana Soares

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.16

SUMÁRIO

Capítulo 17: Gerenciamento de resíduos na construção civil: estudo de caso em uma obra residencial em Parintins/AM 219

Nayara Natividade da Silva, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.17

Capítulo 18: Importância do uso correto dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) na construção civil: estudo de caso..... 231

Nelson Luíz Nina Góes, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.18

Capítulo 19: A importância do sistema de drenagem em áreas urbanas: um estudo de caso sobre o bairro da União, Parintins-AM 247

Rodrigo Macedo, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.19

Capítulo 20: Viabilidade de construção de uma casa ecológica na cidade de Parintins/AM..... 269

Ronald Azedo Hatta, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.20

Capítulo 21: Investigação das causas e soluções para fissuras em estruturas civis no bairro São Benedito, Parintins-AM..... 282

Salum Dias Dácio Junior, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.21

Capítulo 22: Sustentabilidade ambiental na construção civil por meio da elaboração de moldes Bambu (*Bambusa vulgaris*) para divisões internas de casas e espaços comerciais 289

Sérgio Martins de Lima, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.22

Capítulo 23: Análise da existência de projetos residenciais unifamiliares nas moradias dos habitantes do município de Parintins/AM..... 301

Waldemar Rodrigues Neto, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.23

Capítulo 24: Técnicas construtivas de um pavimento flexível em Parintins - AM 313

Yuri Leite Machado, Alexandra Amaro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-611-0.CAP.24

Capítulo 1

Manutenção com agilidade e economia em pavimentos rígidos existentes com recapeamento asfáltico

Elcirlei Binda Braulio
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: A manutenção com agilidade e economia do recapeamento asfáltico sobre pavimento rígido é um tema de extrema importância para a preservação e qualidade das vias. O recapeamento asfáltico em pavimentos rígidos envolve a restauração estrutural do pavimento por meio do reforço com camada asfáltica, reciclagem ou reconstrução. A metodologia do recapeamento asfáltico envolve diversos procedimentos e técnicas essenciais para garantir a durabilidade e a qualidade das vias. Um dos aspectos fundamentais é o controle estatístico das obras, conforme descrito na "Metodologia para controle estatístico de obras e serviços" (DNER-PRO 277). Em termos econômicos, os principais resultados do recapeamento asfáltico estrutural estão relacionados à prolongação da vida útil da via e à redução dos custos de manutenção a longo prazo em comparação com uma renovação total de pavimento rígido. Ao fortalecer a estrutura do pavimento, pode-se diminuir a necessidade de intervenções frequentes, resultando em economia para os órgãos responsáveis pela manutenção viária e para a sociedade como um todo. Sendo assim, em questão de custo-benefício, temos a opção dessa tecnologia que garante uma execução em pequeno espaço de tempo, com um custo muito inferior a 50% do custo comparado com a pavimentação rígida.

Palavras-chaves: emulsão, resistência, economia, comparação, custo, durabilidade

1. INTRODUÇÃO

O recapeamento asfáltico é um elemento crucial na manutenção e no desenvolvimento sustentável das infraestruturas rodoviárias, uma vez que a mobilidade rodoviária está intrinsecamente ligada ao desenvolvimento geral da sociedade (SANTOS, 2019). Além de promover a segurança e o conforto dos usuários, o recapeamento asfáltico é reconhecido por sua capacidade de proporcionar agilidade e economia em diversas esferas.

A agilidade associada ao recapeamento asfáltico se manifesta de várias maneiras. Em primeiro lugar, a execução eficiente desses serviços pode minimizar as interrupções no tráfego, contribuindo para a fluidez das vias urbanas e evitando transtornos para os motoristas e pedestres. Com o intuito de garantir estradas mais duráveis e seguras, tem sido adotada a técnica do recapeamento asfáltico com concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), caracterizado como um revestimento asfáltico produzido a partir da mistura de agregados em sua forma natural ou britados (CARVALHO et al., 2020), procedimento esse que tem se destacado por sua eficácia na recuperação das camadas asfálticas e melhoria da resistência estrutural das vias.

A economia proporcionada pelo recapeamento asfáltico é igualmente relevante. Ao investir na renovação eficiente do pavimento, os órgãos públicos podem evitar custos mais elevados associados à reconstrução completa de vias danificadas. O processo de recapeamento asfáltico com CBUQ desempenha um papel central na manutenção dessas vias, garantindo sua durabilidade, resistência e capacidade de suportar cargas crescentes (SOUTO et al., 2019). Nesse sentido, a manutenção do pavimento asfáltico é medida que se impõe, visto que conforme surgem irregularidades ou defeitos na superfície, maior será o desconforto sentido pelo usuário dentro do veículo, o que pretende-se ser evitado pelo Poder Público (CASTRO e BONIFÁCIO, 2020).

A execução de obra de pavimentação compreende, segundo Bernucci e colaboradores (2006) a realização de limpeza de base, aplicação do ligante ou imprimação, aplicação do agregado e compactação. O cumprimento de todas as etapas é fundamental para o sucesso da obra. É importante ressaltar que, em todas as etapas de operação, a temperatura deve ser controlada, pois o concreto asfáltico aplicado com temperatura menor que a ideal pode resultar em uma compactação debilitada. Contraponto a isso, a temperatura excessiva também pode causar um efeito de craqueamento térmico, o que, consequentemente, traz danos à vida útil do revestimento. (MOREIRA FILHO et al., 2022).

E para comparativos de custo/benefício do Recapeamento asfáltico com o pavimento rígido, teve acompanhamento em uma obra na cidade de Benjamin Constant, com recapeamento asfalto realizado pela Empresa Construtora Sabia em obra da Prefeitura de Benjamin Constant, na rua Primeiro de maio, tendo uma extensão de 1.546,96 metros e 9,00 metros de largura, totalizando uma área de 14.696,12 metros quadrados e assim termos nossa conclusão dessas vantagens

2. MATERIAL E MÉTODO

O estudo foi conduzido no município de Benjamin Constant, situado na região do Alto Solimões, tendo como foco a Rua Primeiro de Maio, contemplada com pavimentação rígida no ano de 2017 (Figura 1a). No entanto, a reabertura prematura da via antes da

finalização do processo de cura do concreto resultou no aparecimento de patologias, como desgaste superficial e fissuras de retração em determinados trechos.

Diante desse cenário, foi elaborado um projeto de recapeamento asfáltico, aproveitando a base de concreto existente como suporte para a nova camada, visando à regularização do pavimento no trecho compreendido entre a Avenida 21 de Abril e a BR-307. O Quadro 1 apresenta as coordenadas geográficas da rua analisada, enquanto a Figura 1b ilustra a localização espacial desses pontos.

Figura 1: a: Indicação de localização geográfica da cidade de Benjamin Constant – Am; b) Localização da área de estudo.

(a) (b)

Fonte: Google (2024).

Quadro 1: Coordenadas geográficas do P1 (inicial) ao P10 (final)

Ponto	Latitude	Longitude
P1	-04 22' 33,84000''	-70 01' 48,58000''
P2	-04 22' 36,42000''	-70 01' 48,05000''
P3	-04 22' 45,71000''	-70 01' 49,58000''
P4	-04 22' 47,28000''	-70 01' 49,45000''
P5	-04 22' 52,03000''	-70 01' 50,07000''
P6	-04 22' 59,75000''	-70 01' 50,20000''
P7	-04 23' 02,74000''	-70 01' 49,91000''
P8	-04 23' 15,42000''	-70 01' 51,41000''
P9	-04 23' 20,73000''	-70 01' 50,08000''
P10	-04 23' 26,08000''	-70 01' 50,25000''

O método de recapeamento asfáltico envolve diversas etapas, como a preparação da superfície a ser recapeada, a aplicação da pintura de ligação com emulsão asfáltica sobre a base coesiva, a colocação da manta geotêxtil para promover a ligação entre a base existente e a nova camada asfáltica, e a aplicação do concreto asfáltico como camada de rolamento. A compactação do material com rolos lisos e rasteleiros é fundamental para garantir a uniformidade e durabilidade da nova camada asfáltica.

Sobre o recapeamento asfáltico da rua primeiro de maio, foram utilizados, emulsões asfálticas, agregados e materiais geotécnicos: Emulsão: Empregado CM -30, asfalto diluídos de cura média; Areia: Natural, lavada, peneirada, isenta de substância orgânicas ou terrosas; Brita: Grossa: granulometria entre 4,8 e 0,84 mm e Média: granulometria entre 0,84 e 0,25 mm; Manta geotextil: RT-09.

3. RESULTADOS

O recapeamento asfáltico constitui uma técnica amplamente empregada na manutenção e recuperação de vias urbanas e rodovias, com o objetivo de renovar a camada asfáltica existente. Essa abordagem tem se mostrado eficiente na melhoria das condições do pavimento, promovendo ganhos significativos em termos de durabilidade, resistência e conforto aos usuários.

Neste estudo, apresentam-se os resultados obtidos por meio do recapeamento asfáltico, evidenciando sua relevância para a preservação da infraestrutura viária e para o atendimento das demandas crescentes de mobilidade urbana. A seguir, são descritas as etapas de execução do recapeamento asfáltico na Rua Primeiro de Maio, no município de Benjamin Constant.

A análise contempla um levantamento detalhado dos materiais e métodos utilizados no processo de manutenção. Entre os insumos aplicados, destacam-se: a emulsão asfáltica RR-2C, utilizada como ligante betuminoso de ruptura rápida; o asfalto diluído do tipo CM-30; areia natural lavada e peneirada; brita nas graduações grossa e média; e a manta geotêxtil RT-09.

Esses materiais são fundamentais para garantir a aderência entre as camadas, bem como para assegurar a durabilidade e a resistência da nova superfície asfáltica. A adequada seleção e aplicação desses insumos e técnicas contribuem significativamente para a qualidade da infraestrutura viária, resultando em vias mais seguras e eficientes para a circulação de pessoas e veículos.

3.1. MANTA SINTÉTICA PARA RECAPEAMENTO ASFÁLTICO COM GEOTEXTIL RT – 09

A finalidade da manta geotêxtil no recapeamento asfáltico é atuar como uma barreira de separação, promovendo uma ligação satisfatória entre a base existente e a nova camada asfáltica. Além disso, a manta geotêxtil contribui para o controle de diversas patologias como trincas e fissuras, reduzindo a propagação de defeitos da base para a superfície, aumentando a vida útil do recapeamento, como demonstrado na Figura 2.

Figura 2: Instalação de Manta Geotextil (BIDIN)

Fonte: Autores (2024).

3.2. PINTURA DE LIGAÇÃO COM EMULSÃO ASFÁLTICA RR-2C

O recapeamento asfáltico da Rua Primeiro de Maio foi realizado em duas etapas de aplicação da pintura de ligação: a primeira sobre o pavimento existente e a segunda sobre a manta geotêxtil. A pintura de ligação consiste na aplicação de emulsão asfáltica do tipo RR-2C, um ligante betuminoso de ruptura rápida, que tem como função promover a aderência entre as camadas do pavimento.

A emulsão é aplicada sobre uma base coesiva, em proporções que variam entre 0,5 e 0,6 litros por metro quadrado, à temperatura ambiente. Após a aplicação, é necessário aguardar um período mínimo de 20 minutos para a cura do material, podendo esse tempo se estender de acordo com as condições climáticas.

Antes da aplicação, a superfície deve estar completamente limpa, livre de poeira, partículas soltas ou qualquer tipo de resíduo que possa comprometer a aderência da emulsão. A aplicação da pintura de ligação não deve ocorrer quando a temperatura ambiente estiver abaixo de 10 °C ou em condições de alta umidade, a fim de garantir a eficácia do processo.

A Figura 3 apresenta a aplicação da emulsão asfáltica sobre a base, seguida da segunda demão aplicada sobre a manta geotêxtil, com o objetivo de proporcionar maior aderência à camada asfáltica superior.

Figura 3: Pintura com emulsão asfáltica

Fonte: Autores (2024)

3.3. APLICAÇÃO DE CONCRETO ASFÁLTICO - CAMADA DE ROLAMENTO

A mistura da massa asfáltica do tipo CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) deve ser composta por uma combinação homogênea de agregados e cimento asfáltico de petróleo do tipo CAP 50/70, em um teor de 5,6%. Após a finalização e cura da base imprimada, realiza-se a limpeza da faixa a ser pavimentada utilizando uma vassoura mecânica rebocável, com o objetivo de remover qualquer material particulado que possa comprometer a aderência da mistura asfáltica à base.

O material é transportado da usina até a frente de serviço por meio de caminhões basculantes, que a descarregam diretamente no silo da vibroacabadora. Esse equipamento, devidamente ajustado conforme o projeto, aplica e realiza a pré-compactação da camada de revestimento com a espessura e largura especificadas. Durante esse processo, um operador de mesa monitora a espessura da aplicação, enquanto trabalhadores acompanham o equipamento realizando ajustes manuais para corrigir eventuais falhas deixadas pela vibroacabadora.

Na sequência, tão logo haja frente de trabalho disponível, realiza-se a compactação inicial com o rolo compactador de pneus, conforme o número de passadas (“flechas”) previsto em projeto. A pressão dos pneus é ajustável, sendo inicialmente aplicada com baixa pressão e gradualmente aumentada à medida que a mistura vai resfriando, promovendo melhor compactação. Posteriormente, utiliza-se o rolo liso do tipo tandem, responsável pela compactação final e acabamento da superfície asfáltica. A Figura 4(a) apresenta o processo de abastecimento da vibroacabadora com a massa asfáltica, evidenciando a limitação da altura da camada aplicada no trecho em recapeamento. A Figura 4(b) ilustra a etapa de compactação inicial com o rolo compactador de pneus, que assegura estabilidade e aderência da camada asfáltica ao substrato

Figura 4 a) Abastecimento da vibroacabadora com caminhão basculante; b) compactação com rolo compactador de pneu

(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

O acabamento final do recapeamento asfáltico tem como principal objetivo proporcionar uma superfície regular, uniforme e durável, contribuindo para a segurança e o conforto dos usuários das vias. Essa etapa visa à melhoria da infraestrutura viária por meio da correção de defeitos como buracos e irregularidades, aumentando a vida útil do pavimento e promovendo um tráfego mais seguro e eficiente.

A Figura 5(a) ilustra o processo de compactação com rolo liso, acompanhado por operador responsável pelo ajuste manual (rasteleiro), cuja função é corrigir imperfeições deixadas pela primeira compactação realizada com o rolo pneumático. Essa etapa garante o fechamento do eixo e o preenchimento adequado dos vazios na mistura asfáltica. A Figura 5(b) apresenta o trecho finalizado, evidenciando o acabamento após o fechamento completo do eixo.

Figura 5 a) Compactação com rolo compactador liso; b) Primeiro de maio com trecho finalizado

(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

Tendo como análise os serviços executados na Rua Primeiro de Maio em Benjamin Constant e levantamento de serviços com uma outra abordagem de construção como comparativo.

A Tabela 1 apresenta o custo da Rua Primeiro de Maio, com todas as despesas gerando o orçamento geral para aplicar o Recapeamento Asfáltico, para comparativo orçamentário com a Tabela 2 onde mostra o orçamento dos serviços realizados com Pavimento Rígido do mesmo trecho.

Tabela 1: custo do recapeamento asfáltico da rua 1° de maio

COMPOSICAO	CODIGO	DESCRICAO DOS SERVICOS	UND	QUANTIDADE	PRECO UNITARIO	PRECO TOTAL
SICRO-3 AM Composição OUT 2021	4011490	Manta sintética para recapeamento asfáltico com geotextil RT - 09 - fornecimento e aplicação	M2	14.696,12	R$ 4,61	67.749,11
Próprio	CCU-04	Execução de imprimação com asfalto diluído	M2	14.696,12	R$ 29,89	439.267,03
SINAPI AM Composição Janeiro 2022	96402	Execução de pintura de ligação com emulsão asfáltica RR-2C. AF_11/2019	M2	14.696,12	R$ 3,25	47.762,39
SINAPI AM Composição Janeiro 2022	95995	Execução de pavimento com aplicação de concreto asfáltico, camada de rolamento - exclusive carga e transporte. AF_11/2019	M3	587,84	R$ 1.531,37	900.200,54
SINAPI AM Composição Janeiro 2022	100969	Transporte com caminhão tanque de transporte de material asfáltico de 20000 l, em via urbana em leito natural (UNIDADE: TXKM). AF_07/2020	TXKM	3.337,55	R$ 2,40	8.010,12
TOTAL R$					**R$ 1.462.989,19**	

De acordo com o custo de produção da atividade de Recapeamento da Rua Primeiro de maio, com os serviços executados em 5 dias de serviço, observamos as vantagens de custo/benefício com o comparativo com a tabela abaixo para refazer o pavimento rígido da mesma área, com um período estimado em 30 dias de serviços.

A Tabela 2 apresenta o custo da Rua Primeiro de maio, com todas as despesas gerando o orçamento geral para aplicar o PAVIMENTO RÍGIDO, com os serviços adicionais demonstrados na mesma, para comparativo orçamentário com a Tabela 1, onde mostra o orçamento dos serviços realizados com Recapeamento asfáltico do mesmo trecho.

Tabela 2: Custo da pavimentação rígida da rua 1° de maio

1.	SINAPI		Pre projeto da Rua primeiro de Maio - pavimento rigido		Total R$		3.626.547,26
1.1	SINAPI		TERRAPLANAGEM	UND	QUANT	VALOR R$	**29.934,30**
1.1.1	Composição	74151/001	Escavacao e carga material 1a categoria, utilizando trator de esteiras DE 110 A	M3	1.200,00	4,86	5.832,00
1.1.2	SINAPI	96385	eExecução e compactação de aterro com solo predominantemente argiloso - exclusive solo, escavação, carga e transporte. AF_11/2019	M3	800,00	13,13	10.504,00
1.1.3	SINAPI	95877	Rransporte com caminhão basculante de 18 m^3, em via urbana pavimentada, DMT até 30 KM (UNIDADE: M3XKM). AF_07/2020	M3XKM	1.460,00	1,99	2.905,40
1.1.4	SINAPI	100984	Carga, manobra e descarga de entulho em caminhão basculante 18 m^3 - carga com escavadeira hidráulica (caçamba de 0,80 m^3 / 111 hp) e descarga livre (UNIDADE: M3). AF_07/2020	M3	1.090,00	9,81	10.692,90
1.2	SINAPI		Demolição do pavimento existente	UND	QUANT	VALOR R$	**85.688,00**
1.2.1	SICRO DESONERADA	1619003	Demolição mecânica de concreto armado, com escavadeira hidráulica com martelo hidráulico - sem reaproveitamento	M3	1.000,00	75,48	75.480,00
1.2.2	SINAPI	95877	Transporte com caminhão basculante de 18 m^3, em via urbana pavimentada, dmt até 30 KM (unidade: M3XKM). AF_07/2020	M3XKM	200,00	1,99	398,00
1.2.3	SINAPI	100984	Carga, manobra e descarga de entulho em caminhão basculante 18 m^3 - carga com escavadeira hidráulica (caçamba DE 0,80 M^3 / 111 HP) e descarga livre (UNIDADE: M3). AF_07/2020	M3	1.000,00	9,81	9.810,00
1.3	SINAPI		Sub Base	UND	QUANT	VALOR R$	**32.941,20**
1.3.1	Composição	73903/001	Limpeza superficial da camada vegetal em jazida	M2	1.000,00	0,56	560,00
1.3.2	Composição	74151/001	Escavação e carga material 1a categoria, utilizando trator de esteiras de 110 A	M3	460,00	4,86	2.235,60
1.3.3	SINAPI	95877	Transporte com caminhão basculante de 18 m^3, em via urbana pavimentada, dmt até 30 KM (unidade: M3XKM). AF_07/2020	M3XKM	3.600,00	1,99	7.164,00
1.3.4	SINAPI	101768	Execução e compactação de base e ou sub base para pavimentação de solo estabilizado granulometricamente sem mistura de solos - exclusive solo, escavação, carga e transporte. AF_11/2019	M3	460,00	49,96	22.981,60
1.4	SINAPI		Pavimentação em concreto	UND	QUANT	VALOR R$	**3.477.983,76**
1.4.1	Composição	97110	Execução de pavimento de concreto armado (PCA), FCK = 40 mpa camada com espessura de 12,5 cm	M2	14.696,12	236,66	3.477.983,76

Com a elaboração de dois orçamentos distintos para fins de comparação, constatou-se que a execução do serviço por meio do recapeamento asfáltico apresentou-

se como alternativa mais viável do ponto de vista econômico. O custo total do recapeamento foi de R$ 1.462.989,19, enquanto a pavimentação rígida demandaria um investimento de R$ 3.477.983,76. Essa diferença representa uma economia de R$ 2.014.994,57, possibilitando a aplicação do recurso economizado em outras intervenções com a mesma finalidade, como a melhoria de vias públicas em diferentes trechos da cidade.

Além da economia financeira, o recapeamento asfáltico também apresentou vantagem em relação ao tempo de execução. Apesar das condições climáticas adversas típicas de regiões tropicais, com elevada densidade pluviométrica, a obra foi concluída em cinco dias. Em contrapartida, a execução da pavimentação rígida para o mesmo trecho exigiria, além de aproximadamente 30 dias de serviços, mais 28 dias destinados à cura do concreto, totalizando uma média de 58 dias para a liberação completa da via.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O recapeamento asfáltico destaca-se como uma técnica fundamental para a manutenção e conservação da infraestrutura viária, promovendo a correção de defeitos como buracos e irregularidades e, consequentemente, melhorando a segurança e a eficiência do tráfego. Esse processo resulta em condições de circulação mais adequadas para os usuários das vias urbanas.

A eficácia do recapeamento está diretamente relacionada à utilização de materiais de qualidade, tais como emulsão asfáltica, asfalto diluído, areia natural lavada, brita granulométrica adequada e manta geotêxtil, que atuam na renovação do pavimento rígido existente, ampliando sua durabilidade e resistência. Além disso, a aplicação rigorosa dos procedimentos técnicos, incluindo a pintura de ligação e as etapas de compactação, é crucial para assegurar a integridade e a longevidade do revestimento asfáltico.

Assim, o investimento no recapeamento asfáltico representa não apenas a mitigação de problemas estruturais, como trincas e deformações, mas também a valorização do ambiente urbano, a otimização dos recursos financeiros destinados à manutenção e a promoção de uma infraestrutura viária mais segura e eficiente. Portanto, é imprescindível que gestores públicos e privados reconheçam o recapeamento asfáltico como uma estratégia prioritária para a melhoria contínua da mobilidade urbana e da qualidade das vias.

REFERENCIAS

[1] CASTRO, E. R. C.; BONIFÁCIO, D. S. PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN A BUILDING. **Ensayos para evaluación de estructuras: Rehabilitación, refuerzo, durabilidad y manifestaciones patológicas en la construcción**, p. 206, 2020.

[2] CARVALHO, K. C. R. de; ALMEIDA, Ricardo Fernandes Pains de; LIBERA JÚNIOR, Vilson Dalla. Análise de viabilidade econômica e ambiental do asfalto-borracha em relação aos pavimentos tipo TSD e CBUQ. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 9, n. 3, 2020. Disponível em <https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/8536>. Acesso em 20 out. 2023

[3] MOREIRA FILHO, L. A.; SANCHES, A. E.; PINHEIRO, E C. N. M. Pavimentação em estradas um estudo de caso no ramal Francisca Mendes no município de Rio Preto da Eva. Revista Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.8, n.11, p. 74265-74280, nov., 2022. Disponível em <https://10.34117/bjdv8n11-235>. Acesso em 20 out. 2023

[4] SANTOS, D. F. A. Pavimentação rodoviária: a recuperação em discussão. Revista EngineeringSciences, v.7, n.2, 2019. Disponível em <https://www.sustenere.co/index.php/engineeringsciences/article/view/CBPC2318-3055.2019.002.0009>. Acesso em 25 out. 2023

[5] SOUTO, E. V.; MORESCO, B. H.; GOLTZ, C. J. Patologias em pavimentos asfálticos: Estudo de caso na Rua Dr. Renato Figueiredo Varella em Nova Xavantina – MT. Revista Interação Interdisciplinar v. 03, nº. 02, p.117-130, Jul – Dez., 2019. Disponível em <https://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/interacao/article/view/824>. Acesso em 20 out. 2023

Capítulo 2

Implantação e instalação de energia elétrica na comunidade de Santo Antônio de Tracajá, município de Parintins-AM

Adreanilson Menezes de Almeida
Alexandra Amaro de Lima
Elton Viana Soares

Resumo: A energia elétrica exerce papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico. Seu acesso impacta diretamente a qualidade de vida e o bem-estar social. Em 2003, o Governo Federal lançou o Programa Luz para Todos (PLpT) com o intuito de expandir a eletrificação para áreas desassistidas. Este estudo tem por objetivo avaliar a qualidade do serviço fornecido pelo programa na comunidade de Santo Antônio de Tracajá, em Parintins-AM, por meio de análises técnicas e da conformidade com normas de instalações elétricas. Foram realizadas pesquisas de campo e revisão bibliográfica. Os resultados apontam que, apesar do atendimento às normas técnicas, há deficiências na continuidade e qualidade do serviço prestado, o que compromete a eficiência elétrica na região.

Palavras-chave: PLpT, instalações elétricas, eficiência elétrica

1. INTRODUÇÃO

O acesso à energia elétrica está diretamente ligado à melhoria de qualidade de vida das pessoas, sendo neste sentido base essencial para o progresso socioeconômico. Este acesso é crucial para vários setores da sociedade, como a iluminação utilizada no âmbito doméstico e vias públicas, além dos serviços públicos que dependem do uso de energia, se tornando elemento essencial para a produção de bens e serviços e do bem-estar social (Carvalho, 2014).

A desigualdade na disponibilidade desse recurso em regiões remotas e menos desenvolvidas é um dos diversos desafios enfrentados pela sociedade atual. Esta pauta é tão relevante que se tornou um dos temas abordados pela Organização das Nações Unidas (ONU) em um dos Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Nações Unidas Brasil, 2024). Este objetivo estabelece metas para garantir, até 2030, que haja acesso à energia elétrica a todos de forma eficiente e com preços dentro da realidade das pessoas menos favorecidas economicamente, além da ampliação e atualização da tecnologia para distribuição dos serviços a todos, atendendo aos requisitos dos programas de apoio correspondentes (Nações Unidas Brasil, 2024).

No Brasil, pela sua vasta extensão territorial e a desigualdade econômica, o fornecimento de energia elétrica vem encarando diversos entraves. Vieira (2011) aponta que, outros fatores prejudicam a entrega de energia elétrica em áreas remotas do país. Também surgem desafios de natureza técnica e regulatória a serem superados para possibilitar a logística da oferta deste serviço.

A dificuldade de acesso às comunidades, muitas vezes realizado por meio de rios e florestas, torna a instalação de postes e cabos elétricos inviável do ponto de vista técnico e financeiro, sendo esta razão a assistência nessas regiões bastante dependente a provisão de energia elétrica nessas regiões por tecnologias alternativas para a produção e fornecimento de energia, que não se baseiam nos métodos convencionais, como o uso de cabos elétricos (IEMA, 2018). No que tange à regulação, em conformidade com a Constituição Federal (Brasil, 1988) e a Lei 12.111/2009 (Brasil,2009), que regulamenta o fornecimento de eletricidade em sistemas isolados, fica claro que todo cidadão tem o direito de obter acesso a energia elétrica.

Entretanto, o que se observa é uma parcela significativa das comunidades dos sistemas isolados sofre pelo atendimento falho das distribuidoras e, em muitos casos, da inexistência de qualquer serviço formal por parte do fornecimento, assim como acontece na região Norte do Brasil, onde existem comunidades afastadas e espalhadas por uma área extremamente extensa como é a Amazônia, dificultando ainda mais o dia-a-dia do morador nestas localidades (WWF, 2020). Dessa forma, a falta de um projeto de desenvolvimento integral para Amazônia estimula serviços públicos insuficientes e inadequados às demandas locais, sendo dessa forma bastante deficitário (IEMA, 2018).

Neste cenário, um plano de eletrificação rural foi implementado para acelerar a expansão do acesso à energia elétrica e avançar a universalização do serviço. Esse plano, conhecido como Programa Luz para Todos (Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica), foi instaurado pelo Governo Federal por meio do Decreto nº 4.7873/2003, com o objetivo de levar energia elétrica a áreas rurais do Brasil que ainda não contavam com esse serviço público (MME, 2024).

Uma das comunidades beneficiadas por esse programa foi Santo Antônio de Tracajá, localizada no município de Parintins/AM. Essa comunidade, situada em meio a

um ambiente aquático e acessível apenas por barco, em uma viagem de aproximadamente 2 horas e meia até a cidade de Parintins, começou a ter o fornecimento de energia elétrica a partir de 2010. Esse avanço contribuiu para o progresso local, apesar de ainda enfrentar desafios com a instabilidade no fornecimento de energia elétrica.

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo analisar a implantação da estrutura de distribuição de energia elétrica na comunidade Santo Antônio de Tracajá-AM como forma de avaliar a qualidade de fornecimento de energia no local e contribuir para o desenvolvimento da região.

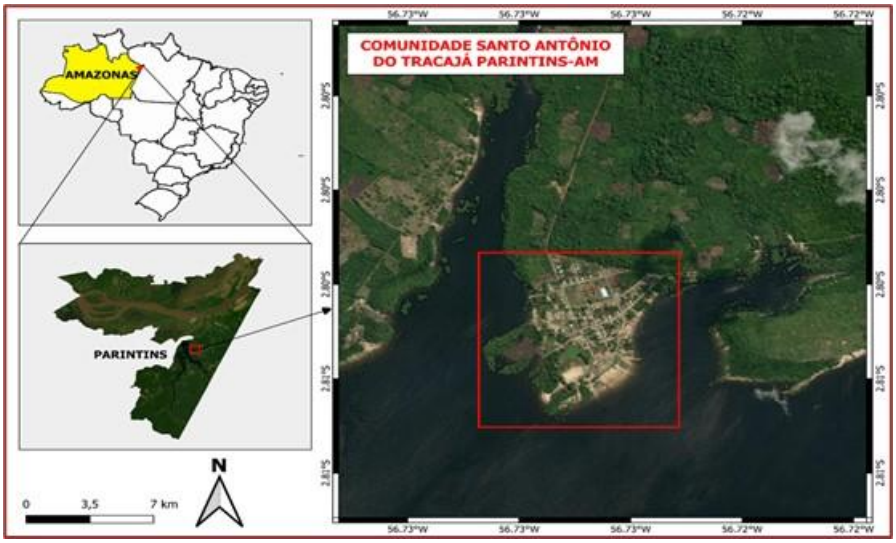
2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado na comunidade ribeirinha de Santo Antônio de Tracajá, localizada na margem direita do rio Tracajá, em área de terra firme, na zona rural do município de Parintins-AM. A comunidade (Figura 1) possui aproximadamente 364 habitantes e tem sua base econômica centrada na pesca, na agricultura de subsistência, na produção de carvão vegetal, na carpintaria e na construção naval.

Além das atividades produtivas, a população local conta com apoio do Governo Federal por meio de programas como o Bolsa Família e aposentadorias. Também há presença de serviços públicos básicos, com a contratação de professores e agentes de saúde pela prefeitura municipal (IBGE, 2022).

Figura 1: Comunidade Santo Antônio de Tracajá – Parintins/AM



Fonte: Marcio Oliveira (2024)

Atualmente, a comunidade de Santo Antônio de Tracajá depende integralmente da energia elétrica fornecida pelo Programa Luz para Todos (PLpT), a qual é utilizada para o funcionamento do comércio local, de poços artesianos e da escola da comunidade. A distribuição da energia é feita por meio de postes instalados ao longo de uma estrada aberta especificamente para passagem da fiação, no ramal de interligação com a estrada da comunidade Vila Amazônia. Essa região, localizada em meio à mata e de difícil acesso,

torna a rede elétrica extremamente vulnerável a interrupções, especialmente causadas por quedas de galhos e chuvas intensas.

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, cujo objetivo foi analisar a implantação do PLpT no que se refere à estrutura elétrica e aos benefícios oferecidos aos moradores, houve uma preocupação metodológica constante. Buscou-se selecionar estratégias que permitissem captar, de forma fiel, a realidade vivenciada pela comunidade beneficiada, promovendo um entendimento mais preciso sobre os impactos do serviço prestado e as transformações ocorridas com a chegada da energia elétrica.

Nesse contexto, o programa foi analisado por meio de revisão bibliográfica, com a finalidade de estabelecer uma base teórica sólida e embasar a discussão dos resultados obtidos. As pesquisas bibliográficas foram realizadas em plataformas como o Google Acadêmico, utilizando artigos científicos, dissertações, teses, manuais técnicos, documentos institucionais de universidades e órgãos governamentais, além de publicações oficiais do Ministério de Minas e Energia (MME), da ANEEL, da Eletrobras e do próprio PLpT.

Complementando a pesquisa teórica, foi realizada coleta de dados in loco, por meio de visitas à comunidade e aos domicílios, bem como contato direto com representantes administrativos, profissionais de saúde e moradores locais. A equipe percorreu a área a pé para observar e registrar a infraestrutura elétrica instalada, incluindo possíveis conexões irregulares à rede.

2.2. NORMA TÉCNICA DE FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Para a análise das condições das instalações elétricas existentes na comunidade estudada, é fundamental compreender a norma técnica aplicável a cada finalidade. No caso de Santo Antônio de Tracajá, o fornecimento de energia elétrica é classificado como de Média Tensão, com níveis nominais de 13,8 kV e 34,5 kV, conforme estabelecido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2014) e pela Norma Técnica de Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão da Amazonas Energia (NDEE, 2022).

Segundo essa normativa, o objetivo é fornecer diretrizes técnicas para o atendimento trifásico em média tensão a edificações individuais ou compartilhadas, localizadas tanto em áreas urbanas quanto rurais, e destinadas a usos residenciais, comerciais ou industriais. Esse tipo de fornecimento é aplicável a unidades consumidoras cuja carga instalada individual seja superior a 75 kW, por meio de redes de distribuição aéreas ou subterrâneas, com tensões nominais de 13,8 kV ou 34,5 kV. A norma também especifica os requisitos mínimos para as entradas de serviço das instalações dos consumidores e se aplica a todos os profissionais e agentes envolvidos no processo, seja em novas conexões, ampliações ou reformas.

De acordo com os dados levantados durante a pesquisa, a comunidade de Santo Antônio de Tracajá atende aos critérios estabelecidos para edificações com fornecimento em média tensão. A demanda máxima prevista no projeto, expressa em kVA, foi calculada com base no dimensionamento da totalidade dos elementos que compõem a entrada de serviço. As unidades consumidoras da comunidade se enquadram em uma demanda total de até 276 kW, considerando um fator de potência de 0,92. O sistema conta com transformadores instalados nos postes, com tensão secundária de até 440/254 V. A Tabela 1 apresenta as demandas mínimas e máximas previstas para instalações com o uso de subestações, conforme especificado pela NDEE (2022).

Tabela 1: A demanda mínima e máxima a ser contratada

Transformador (kVA)	Demanda mínima a ser contratada (kW)	Demanda máxima a ser contratada (kW)
30	30	30
45	30	42
75	30	69
112,5	56	104
150	75	138
225	112	207
276	150	276

Fonte: NDEE (2022)

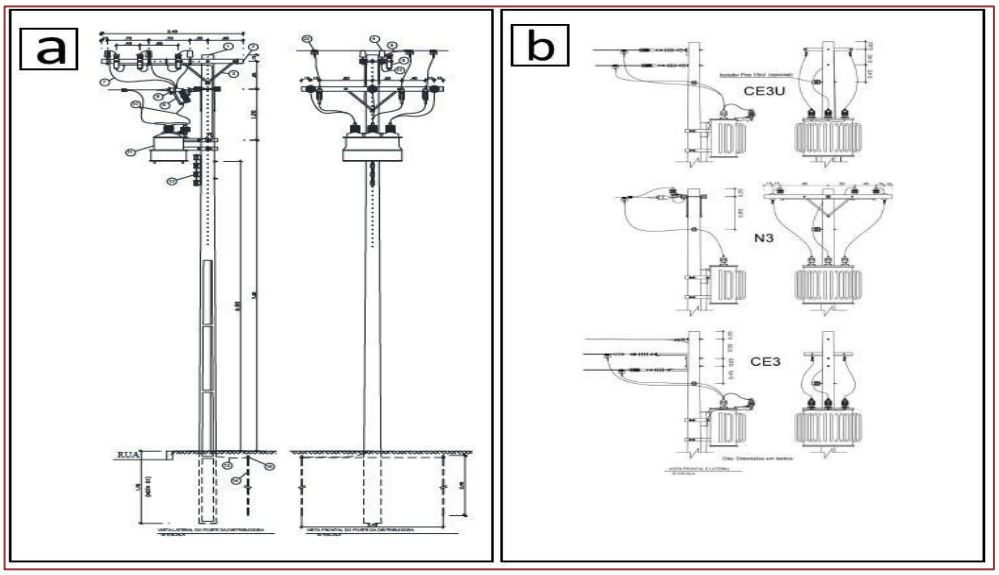
De acordo com as visitas realizadas in loco, verificou-se que a comunidade de Santo Antônio de Tracajá apresenta uma demanda máxima de potência ativa de 42 kW, conforme estimado pela empresa fornecedora Amazonas Energia. Essa potência é considerada adequada para atender ao número de habitantes da comunidade e às atividades econômicas e sociais nela desenvolvidas.

No que diz respeito à regulação e à implantação do sistema elétrico, e com base nas Normas Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa e Média Tensão (NBR 5410:2004) e Sistemas Elétricos de Potência (NBR 5460:1992), é importante destacar que a continuidade e a regularidade do fornecimento de energia dependem do cumprimento das diretrizes estabelecidas pela NDEE (2022), entre as quais se destacam:

- Não é permitido aos consumidores aumentar a carga instalada ou a demanda (em kW) além do limite correspondente ao seu tipo de fornecimento;
- É vedada a extensão das instalações elétricas para além dos limites da propriedade, bem como a interligação com outras unidades consumidoras, mesmo que de forma gratuita. Nesses casos, o fornecimento será interrompido imediatamente;
- A ligação de unidade consumidora urbana será realizada somente após a demarcação da propriedade, a apresentação da licença correspondente às atividades a serem desenvolvidas e a numeração oficial. Em áreas rurais, é obrigatória a apresentação da licença específica;
- O aumento da demanda deve ser solicitado formalmente à distribuidora, acompanhado do projeto elétrico, para que sejam avaliadas as eventuais modificações necessárias na rede e/ou subestação.

Quanto à infraestrutura, as instalações destinadas à conexão de transformadores — do tipo subestação de derivação aérea com rede de 13,8 kV — devem obedecer aos parâmetros definidos pelas normas NBR 5410 e NBR 5460. Isso inclui o uso de estrutura de concreto armado para sustentar os condutores elétricos em redes de baixa tensão, com postes de 9 metros de altura, instalados em terreno compactado em camadas de 20 cm até o nível do solo ao redor do poste de sustentação do transformador, conforme ilustra a Figura 2 (NDEE, 2022).

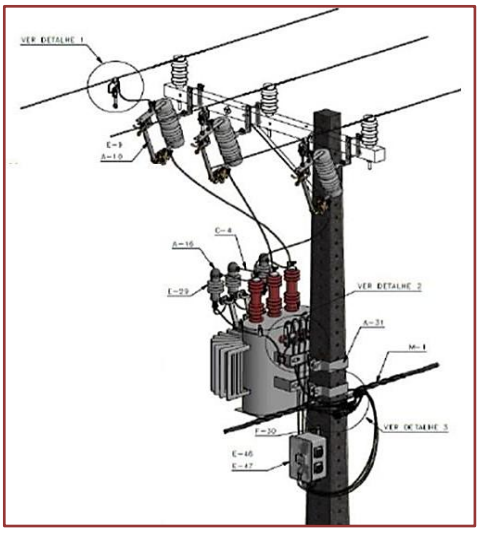
Figura 2: a) Poste duplo T de derivação aérea com rede em 13,8kV; b) subestação aérea trifásica em 13,8KVA



Fonte: NDEE (2022).

Para os transformadores instalados em zonas rurais, especialmente aqueles localizados em ramais, recomenda-se, preferencialmente, a utilização de transformadores trifásicos padronizados. Esses equipamentos devem ser montados em estruturas paralelas à rede elétrica, com terminação em encabeçamento de fim de linha, conforme orientações da ENEL (2019) e ilustrado na Figura 3.

Figura 3: Estrutura de subestação aérea trifásica em transformador para derivação aérea com rede em 13,8kV. subestação aérea trifásica em 13,8KVA

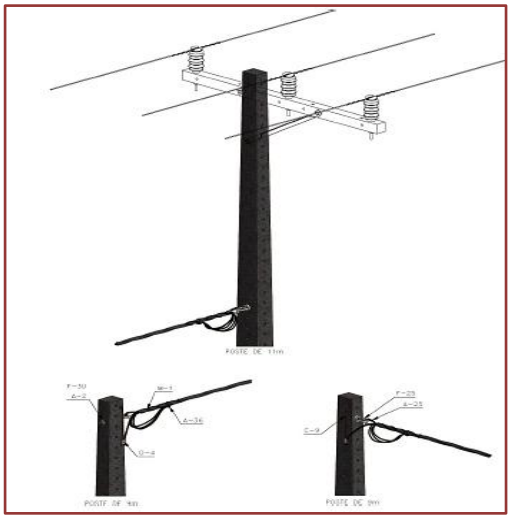


Fonte: ENEL (2019)

No caso de pontos de interligação situados em locais com grandes distâncias, é necessário utilizar estruturas de ancoragem, conforme ilustrado na Figura 4. Essas estruturas, construídas em concreto armado, são essenciais para sustentar os condutores

elétricos nos sistemas de distribuição de energia em redes de baixa tensão. Para esse tipo de instalação, utilizam-se postes com 9 metros de altura, fixados em terreno previamente compactado em camadas de 20 cm até o nível do solo ao redor do poste de sustentação (ENEL, 2019).

Figura 4: Estrutura Ancoragem Simples

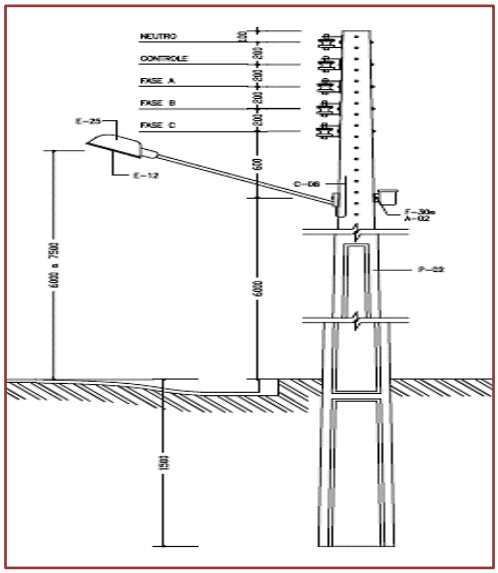


Fonte: ENEL (2019)

A iluminação pública é regulamentada pela Norma Técnica NBR 5101 (2024), que estabelece os requisitos mínimos para os sistemas de iluminação em vias públicas e privadas. Seu principal objetivo é assegurar condições adequadas de visibilidade e segurança para pedestres e veículos, promovendo também conforto visual, acessibilidade e a redução de riscos nos espaços de circulação (Figura 5).

De forma complementar, a NBR 5401 (2024) define os critérios técnicos para a instalação e estruturação dos postes de iluminação em vias públicas. Essa norma visa padronizar os sistemas de iluminação, garantindo eficiência luminosa, minimizando a poluição luminosa e oferecendo maior segurança aos usuários da via. Além disso, contribui para a acessibilidade e o bem-estar geral da população.

Figura 5: Estrutura de poste de iluminação pública.



Fonte: CEMAR (2002)

3. RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os resultados da pesquisa realizada sobre a implantação e instalação do sistema de energia elétrica na comunidade rural de Santo Antônio de Tracajá, no município de Parintins-AM. Durante as visitas realizadas in loco, observou-se que a comunidade conta com uma infraestrutura considerada adequada, composta por três transformadores de 45 kVA. Essa estrutura atende às normas técnicas vigentes e está dimensionada para suprir a demanda de energia elétrica necessária ao desenvolvimento das atividades rurais exercidas pela população local (Figura 6).

Figura 6: a) Postes compostos de transformadores e iluminação b) Postes estrutura de ancoragem da passagem dos condutores elétricos; c) poste circular de derivação aérea em 13,8kV e medição encapsulada em média tensão.

Fonte: Autores (2024)

Em conformidade com as Normas Técnicas NBR 5410 e NBR 5460, aplicadas à comunidade de Santo Antônio de Tracajá, observou-se que as instalações dos

transformadores foram executadas na forma de subestações de derivação aérea, com rede de distribuição em 13,8 kV, concentradas principalmente na área mais urbanizada da localidade. Conforme ilustrado na Figura 6, os postes utilizados são de concreto armado, com altura padrão de 9 metros, garantindo o afastamento mínimo necessário em relação a outras redes e edificações, conforme exigido pelas normas vigentes.

Esses postes encontram-se devidamente instalados sobre terreno compactado, apresentando estrutura adequada tanto para a sustentação dos condutores quanto para atender aos requisitos técnicos de iluminação pública. Contudo, não foi possível avaliar as camadas de compactação do solo ao redor das bases dos postes, uma vez que as visitas de campo ocorreram após a conclusão das obras de instalação.

Em relação às estruturas de ancoragem utilizadas na passagem dos condutores elétricos, também foi constatado — conforme Figura 6 — que os postes seguem o mesmo padrão construtivo, sendo confeccionados em concreto armado, com 9 metros de altura e fixados em solo compactado. Assim como nos casos anteriores, não foi possível verificar as condições originais do terreno, pelos mesmos motivos já mencionados.

3.1. DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA COMUNIDADE SOB O ASPECTO DA QUALIDADE DO SERVIÇO

A qualidade de um serviço está diretamente relacionada à sua continuidade e regularidade. Segundo Pinheiro (2012), a continuidade do fornecimento de energia elétrica é um dos principais indicadores de qualidade, sendo determinada pela confiabilidade da rede. Essa confiabilidade, por sua vez, depende da robustez e da adequação do sistema — ou seja, da sua capacidade de resistir a condições externas adversas e de atender de forma consistente à demanda energética da população. Dessa forma, a frequência e a duração das interrupções no fornecimento estão diretamente associadas à percepção da qualidade do serviço prestado.

Na comunidade rural de Santo Antônio de Tracajá, observou-se que o serviço de distribuição de energia apresenta deficiências consideráveis. As interrupções ocorrem com frequência e, quando acontecem, tendem a se prolongar por longos períodos, comprometendo o funcionamento de atividades essenciais. Essa instabilidade impacta diretamente a produção de carvão vegetal, a carpintaria, a construção civil e os serviços de pedreiros e construtores navais, além de afetar o funcionamento de escolas, unidades de saúde e demais serviços comunitários.

3.2. IDENTIFICAÇÃO DAS POSSÍVEIS CAUSAS DE DEFICIÊNCIAS NO SERVIÇO DE ELETRICIDADE PRESTADO NA REGIÃO E PONTOS CRÍTICOS DA GARANTIA DO SERVIÇO

O Programa Luz para Todos (PLpT) é considerado um dos mais abrangentes e ambiciosos programas de eletrificação rural implementados no Brasil, tanto pela quantidade de metas estabelecidas quanto pela extensão territorial e social que busca atender. Um dos pilares fundamentais para o sucesso do programa é a qualidade do serviço prestado, que deve ser constantemente avaliada por meio de análises técnicas da continuidade do fornecimento. Tal avaliação é especialmente relevante, considerando que grande parte das famílias beneficiadas depende diretamente da energia elétrica para a geração de renda e o funcionamento de serviços básicos.

Apesar dos avanços promovidos, a comunidade de Santo Antônio de Tracajá enfrenta sérias limitações relacionadas à continuidade do fornecimento de energia elétrica. Devido à sua localização remota e à ausência de estradas pavimentadas que permitam o acesso facilitado da equipe técnica responsável, a região apresenta falhas recorrentes na distribuição de energia. Tais deficiências comprometem a regularidade do serviço, resultando em longos períodos sem eletricidade e frequentes interrupções.

Em Cartaxo, Coelho e Paixão (2006) os autores destacam que a implementação de um projeto dessa magnitude no estado do Amazonas é extremamente desafiadora, dadas as características geográficas e logísticas da região. Florestas densas, grandes extensões territoriais, rios, lagos, dificuldades de transporte e um regime climático com longos períodos de chuva se somam a entraves sociais, técnicos e econômicos, tornando complexa a execução do programa.

No caso específico da comunidade de Santo Antônio de Tracajá, a precariedade estrutural também contribui para as falhas no abastecimento. Observações realizadas em campo apontam, por exemplo, a presença de postes inadequados e a não conformidade com as normas NBR 5410 e NBR 5460. Na Figura 7a, nota-se um galho de árvore encostando na rede elétrica, evidenciando a falta do afastamento mínimo exigido entre a fiação e obstáculos aéreos. A Figura 7b mostra um poste de madeira instalado em terreno não compactado, estrutura considerada instável e inadequada para a sustentação dos condutores. Já na Figura 7c, observa-se um poste instalado em área acidentada, sem o devido preparo do solo, o que compromete ainda mais a estabilidade da rede.

Todos esses elementos estão localizados no ramal de interligação da estrada que conecta a comunidade à Vila Amazônia, de onde provém o fornecimento de energia. Tais condições evidenciam a urgência de melhorias na infraestrutura e nos protocolos de manutenção, a fim de garantir um serviço mais seguro, contínuo e adaptado à realidade amazônica.

Figura 7: a) galho de árvore propenso aqueda na rede elétrica; b) Cabo rompido no ramal de interligação da estrada da comunidade com poste de madeira; c) poste no ramal de interligação da estrada da comunidade tombado.

Fonte: Autores (2024)

Um aspecto importante a ser destacado é que a região Amazônica apresenta características geográficas e logísticas únicas, que tornam a execução de qualquer projeto de infraestrutura significativamente mais complexa. Implementar o programa de

eletrificação rural no estado do Amazonas é uma tarefa desafiadora, com obstáculos inerentes ao território, como grandes distâncias, difícil acesso, relevo acidentado, presença de rios e florestas densas, além de limitações no transporte terrestre.

A atual estrutura da rede elétrica instalada na região ainda está aquém do ideal. As dificuldades logísticas para realizar manutenções em curto prazo, somadas ao longo período de chuvas intensas típico da região, frequentemente resultam em desligamentos prolongados na rede elétrica, comprometendo diretamente o bem-estar da população e o funcionamento de serviços essenciais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar a estrutura de distribuição de energia elétrica na comunidade de Santo Antônio de Tracajá, relacionando-a às normas técnicas de instalações elétricas. A pesquisa alcançou seus objetivos, demonstrando que o Programa Luz para Todos (PLpT) foi efetivamente implementado na comunidade, atendendo aos padrões estabelecidos para o setor elétrico rural. Constatou-se que as principais falhas observadas não se devem a defeitos nos equipamentos, ao mau dimensionamento de carga ou a instalações fora das normas vigentes, mas sim a fatores externos e estruturais. Os resultados evidenciam que a comunidade ainda enfrenta um fornecimento de energia elétrica inadequado, marcado por frequentes interrupções que afetam diretamente o cotidiano dos moradores e a realização de atividades produtivas e sociais.

Outro aspecto verificado é que a complexidade geográfica e logística da região impõe grandes desafios à implementação de soluções definitivas para essas interrupções, exigindo superação de barreiras técnicas, operacionais e econômicas. Dessa forma, destaca-se a necessidade urgente de replanejamento do PLpT no que se refere à estrutura empregada, com vistas a adaptar o sistema às particularidades da região e, assim, reduzir os períodos prolongados de desabastecimento de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

[1] ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Aprimoramento da Proposta de Universalização Rural da Amazonas Energia para Prorrogar o Ano Limite de 2022 para 2025. Disponível em: https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/tomadas-de-subsidios?p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_ideDocumento=51692&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_tipoFaseReuniao=fase&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_jspPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp. Acesso em: 10 de abril de 2024.

[2] BRASIL. Lei 12.111/2009, de 9 de dezembro de 2009. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 2016. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12111.htm. Acesso em: 24 de março de 2024.

[3] _____. Decreto n. 4.873, de 11 de novembro de 2003. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 2016. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/destaques/Programa%20Luz%20para%20Todos/normativos/arquivos/mme_decreto-4-873-de-11-de-novembro-de-2003.pdf. Acesso em: 26 de março de 2024

[4] Cartaxo, E. F.; Coelho, I. M. H. D. V.; Paixão, V. **Sustentabilidade do programa " Luz Para Todos" no estado do Amazonas**. Revista Brasileira de Energia, v. 12, p. 1-8, 2006.

[5] Carvalho, R. J. Instalações Elétricas e o Projeto de Arquitetura. 8. ed. São Paulo:Blucher, 2014.

[6] CEMAR - Companhia Energética do Maranhão S.A. **Redes de Distribuição Aéreas Urbanas de Energia Elétrica. 2002.** Disponível em: https://docente.ifrn.edu.br/gustavolima/disciplinas/instalacoes-eletricas-alta-tensao-i/aula-06-estruturas-redes-urbanas. Acessado em: 27 de maio de 2024.

[7] ENEL- Entidade Nacional de Eletricidade. **Rede de Distribuição Aérea de Baixa Tensão com Condutores Pré-reunidos com Capa Externa, 2019.** Disponível em: https://www.eneldistribuicao.com.br/ce/documentos/CNS-OMBR-MAT-19-0282-EDBR%20-%20Rede%20de%20Distribui%C3%A7%C3%A3o%20A%C3%A9rea%20de%20Baixa%20Tens%C3%A3o%20com%20Condutores%20Pr%C3%A9-reunidos%20com%20Capa%20Externa.pdf. Acesso em: 25 de maio de 2024.

[8] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico de 2022.** Dados disponíveis em: http://www.sidra.ibge.gov.br. Acesso em: 05 de maio de 2024.

[9] IEMA – Instituto de Energia e Meio Ambiente. **Acesso aos serviços de energia elétrica nas comunidades isoladas da Amazônia: mapeamento jurídico-institucional.** p. 71. 2018

[10] MME –Ministério de Mina e Energia. **Programa Luz para Todos: Histórico do Programa.** Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/destaques/Programa%20Luz%20para%20Todos/sobre-o-programa. Acesso em: 05de maio de 2024.

[11] Nações Unidas Brasil. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/7. Acesso em: 24 de março de 2024.

[12] Norma Técnica de Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão da Amazonas Energia (NDEE). **Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão (13,8 kV).** Dados disponíveis em: https://website.amazonasenergia.com/wp-content/uploads/2023/01/NDEE-01-Norma-de-Fornecimento-de-Energia-El%C3%A9trica-em-M%C3%A9dia-Tens%C3%A3o-MT-1.pdf. Acesso em: 05 de maio de 2024.

[13] NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão. **Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 2004**;

[14] NBR 5460 - Sistemas Elétricos de Potência. **Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 1992;**

[15] NBR 5401 - Sistemas Elétricos de Iluminação Pública. **Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 2024;**

[16] Pinheiro, T. M. M. **Regulação por Incentivo à Qualidade: Comparação de Eficiência entre Distribuidoras de Energia Elétrica no Brasil. [S.l.]: [s.n.], 2012. 157 p.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

[17] Silva. Simone Souza. **Políticas de Formação Inicial de Professores do Campo em Parintins: Contexto e Contradições.** Tese (Doutorado), Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Programa de Pós-Graduação em Educação, 227p. 2017.

[18] Silva, Sebastião Janderson Torres da. **Cultura e Educação da Criança Ribeirinha: Estudo na comunidade Santo Antônio do Rio Tracajá – Parintins/AM.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Programa de Pós-Graduação em Educação, 119p. 2018.

[19] Vieira, Daniel Maia. **Obstáculos à Universalização do Acesso ao Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica no Meio Rural Brasileiro.** Artigo (Especialista em Controle da Regulação), Instituto Serzedello Corrêa – ISC/TCU. Brasília -DF.35p. 2011.

[20] WWF- World Wildlife Fund. **Sem acesso à luz ou à água: a realidade de quem vive sem energia na Amazônia**. Disponível em: https://www.wwf.org.br/?76442/Sem-acesso-a-agua-ou-luz-documentario-do-WWF-Brasil-mostra-a-realidade-de-quem-vive-sem-energia-na-Amazonia. Acesso em: 25de março de 2024.

Capítulo 3

Pavimentação de concreto intertravado

David Werley da Costa Assayag
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: O presente artigo tem como objetivo analisar a eficácia do pavimento de concreto intertravado (PCI), executado na obra realizada no passeio da avenida Tadeu de Souza, município de Parintins, em relação a sua sustentabilidade, resistência, segurança, durabilidade e seu custo-benefício. Apresentando os principais benefícios, características e aplicações do pavimento intertravado (PCI). Através do acompanhamento participativo *in loco* vamos detalhar as etapas da execução do pavimento intertravado se o projeto segue as normativas e como funciona sua manutenção. Através de estudos bibliográficos, como artigos científicos, monografias referentes a temática abordada apresentaremos os fatores de sustentabilidade e o custo-benefício com o uso da pavimentação. Foi realizado uma análise e apresentado nos resultados os benefícios que a pavimentação trouxe para o bairro onde foi executada, agregando qualidade de vida e acessibilidade aos moradores locais.

Palavras-chave: Pavimento, Blocos Intertravados, Concreto

1. INTRODUÇÃO

A pavimentação de concreto intertravado, popularmente conhecida como pavers, tem seu uso cada vez mais frequente no Brasil. Esse tipo de pavimento é amplamente utilizado em cidades europeias e vem ganhando mais adeptos devido aos seus diversos benefícios, que incluem vantagens térmicas, opções arquitetônicas como cores, formatos e padrões, praticidade na aplicação e manutenção, alta resistência, maior produtividade e redução do consumo de energia elétrica (PRATES, 2023). Uma das características mais marcantes desses blocos é a coloração clara, que aumenta a reflexão da luz no pavimento, ajudando a reduzir os efeitos das ilhas de calor (CASTRO, 2023).

No Brasil, a pavimentação intertravada começou a ser utilizada na década de 1970 e, desde então, houve grandes avanços nas técnicas de produção dos blocos. Atualmente, ela se consolida no setor da construção civil por seu excelente desempenho, versatilidade, sustentabilidade e baixo custo (BARBOSA et al., 2021).

Segundo Barbosa (2021), o pavimento de concreto intertravado é sustentável desde a sua produção, pois é executado com materiais naturais — areia, brita e cimento — sem o uso de combustíveis fósseis. No Amazonas, os pisos com blocos intertravados surgem como uma opção sustentável importante, pois buscam um equilíbrio entre aspectos ambientais, econômicos e tecnológicos, em um contexto em que a questão ambiental tem sido amplamente debatida nacional e internacionalmente, ganhando espaço nas discussões públicas e assumindo papel relevante na comunidade (COELHO et al., 2022).

Além dos benefícios já mencionados, destaca-se a permeabilidade do piso intertravado. Os blocos permitem a infiltração da água pelas juntas, reduzindo o escoamento superficial e, consequentemente, amenizando o risco de enchentes e enxurradas (DE OLIVEIRA et al., 2022).

Outro ponto importante é a reciclabilidade. Muitos pavimentos intertravados são produzidos com materiais reciclados, como vidro triturado ou concreto reaproveitado. Além disso, ao final da vida útil, esses blocos podem ser reciclados novamente, reduzindo ainda mais os impactos ambientais (RUAS, 2020). Por fim, a instalação dos pavimentos intertravados gera menos resíduos do que outros tipos de pavimentação e não exige o uso de máquinas pesadas ou complexas, o que contribui para a redução da emissão de gases poluentes (NOVA et al., 2020).

Diante disso, este artigo apresenta a obra executada no bairro União, no município de Parintins, detalhando as etapas da construção do pavimento intertravado. Será avaliada a conformidade da execução com a norma ABNT NBR 15.953/2011, que estabelece os requisitos para esse tipo de pavimentação, assim como os procedimentos de manutenção. Também serão abordados os fatores de sustentabilidade que contribuíram para a melhora significativa do local e, por fim, a análise do custo-benefício deste tipo de pavimento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pavimentação intertravada é uma técnica que consiste em estruturas formadas por camadas, incluindo a base (com possibilidade de existência de sub-base) e o revestimento. Ela é composta por blocos pré-moldados de concreto, que se intertravem por meio de contenções laterais e são assentados sobre uma camada de base preparada.

O estudo de caso foi realizado com foco nesse tipo de pavimentação (PCI). O pesquisador acompanhou in loco a obra executada pela prefeitura municipal de Parintins, localizada na Avenida Tadeu de Souza, no bairro União. Esse bairro, situado na zona sudoeste da cidade, é uma área periférica que, assim como os bairros vizinhos, resulta de ocupações irregulares do ponto de vista legal. Popularmente conhecido como “invasão” — termo rejeitado e combatido pelos moradores —, o bairro é fruto de mobilizações e lutas lideradas por famílias vindas de diferentes regiões em busca do direito à moradia.

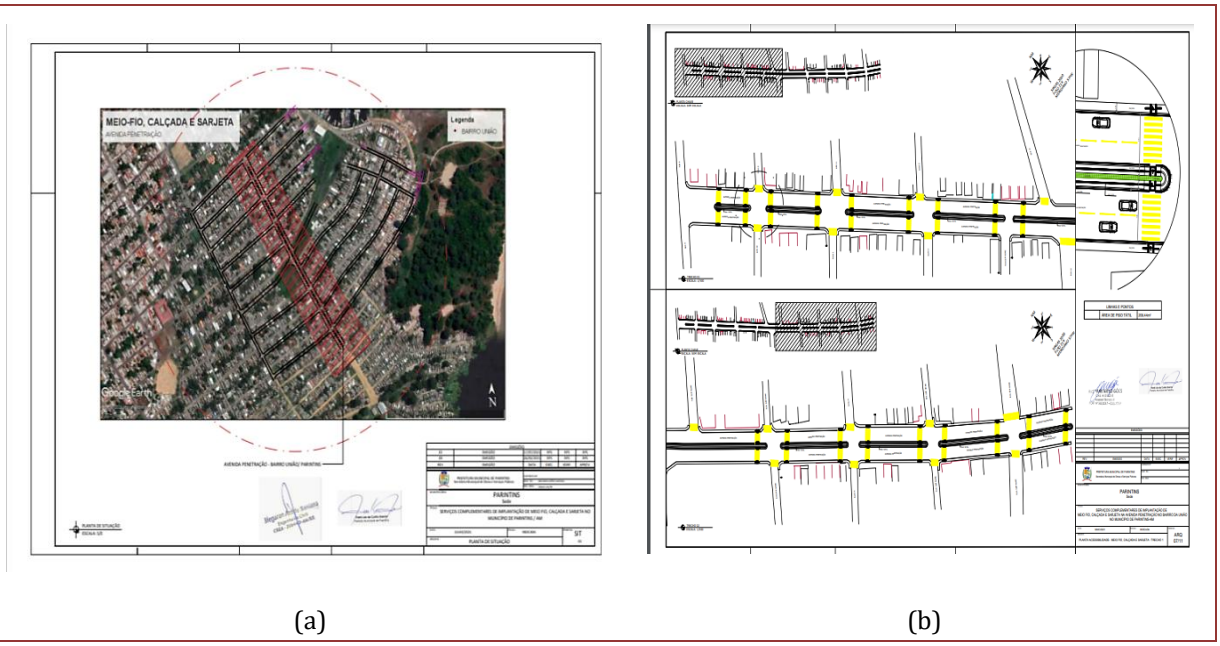
Figura 1: Bairro da União/ Avenida Tadeu de Souza

Fonte: SEMOSP Parintins (2024).

A metodologia adotada na pesquisa foi qualitativa e ocorreu em várias etapas. Inicialmente, foi realizado um mapeamento junto à Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos de Parintins (SEMOSP), com o objetivo de identificar obras executadas com pavimentação intertravada. A partir desse mapeamento, constatou-se a execução de uma obra na Avenida Tadeu de Souza, local onde a pesquisa foi desenvolvida. A obra, realizada no passeio público da avenida, utiliza pavimentação de concreto intertravado.

Em seguida, foi solicitada à SEMOSP a planta da obra para verificar a área contemplada e analisar os detalhes do projeto. A Figura 2a apresenta a planta de situação, mostrando os 620 metros lineares do passeio público (canteiro central e lateral) incluídos na obra. Já a Figura 2b exibe o projeto de acessibilidade, com a planta que incorpora as adaptações conforme a norma brasileira ABNT NBR 9050/2020, a qual estabelece os critérios e parâmetros para projetos de construção voltados à instalação e adaptação das condições de acessibilidade em ambientes urbanos e rurais.

Figura 2: a) Planta de situação do local; b) Planta de acessibilidade



(a) (b)

Fonte: SEMOSP Parintins (2024)

A planta apresenta o trajeto onde foi instalada a faixa tátil, com relevo em alto padrão e sinalização de alerta fixada no chão para auxiliar a locomoção de pessoas com deficiência visual, em conjunto com rampas de acesso para cadeirantes.

Depois, foi realizado um acompanhamento participativo de 30 dias na obra, junto ao mestre de obras, para acompanhar a execução e garantir que estivesse alinhada ao objetivo da pesquisa. Com base nas teorias estudadas na academia, consultas a referências bibliográficas, artigos científicos e dados do projeto, foi feita a investigação para verificar se a obra seguia as normas da ABNT NBR 15.953/2011, que estabelece os requisitos para pavimentação intertravada de concreto. Posteriormente, também foi feita a análise da manutenção desse tipo de pavimento.

Para cumprir o tópico 2 dos objetivos específicos — que trata da exploração dos fatores de sustentabilidade — o estudo de caso se apoiou em referências bibliográficas e artigos científicos, destacando os benefícios que a obra trouxe para a comunidade e moradores locais.

Já para a análise do custo-benefício do uso do pavimento intertravado, foi realizado um estudo fundamentado em referências acadêmicas e artigos científicos, que fornecem as informações necessárias para esse objetivo.

3. RESULTADOS

O estudo tive seu início em 3 de maio de 2024, in loco, na Avenida Tadeu de Souza, local onde foi executada a obra escolhida para o estudo de caso. O projeto tinha como objetivo melhorar a infraestrutura do município, buscando a execução de intervenções significativas para a recuperação imediata, com foco na melhoria da circulação e da mobilidade urbana.

O escopo das especificações contemplava serviços complementares, como a implantação de meio-fio, calçada e sarjeta no município de Parintins. O bairro demandava esse tipo de intervenção, principalmente na área central da avenida, onde foi construído o passeio com concreto intertravado e assentamento de piso tátil.

As Figuras 3a e 3b mostram o estado do passeio na Avenida Tadeu de Souza antes do início das obras. A ausência de passeio para o tráfego de pedestres era uma deficiência significativa no bairro, e a vegetação tomava conta da área, causando diversos problemas aos moradores, principalmente em dias de chuva intensa, quando enchentes e enxurradas ocorriam no local.

Figura 3: Passeio antes das obras; b) Passeio antes das obras.

(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

A Figura 4 mostra o começo da obra, com a preparação do subleito. Primeiro, foi feita a limpeza do local, retirando a vegetação, materiais orgânicos e raízes. Em seguida, o subleito foi compactado manualmente. É fundamental que essa camada não sofra alterações causadas pela presença de água, pois o subleito precisa ter uma base sólida, já que é essencial para a capacidade estrutural do pavimento. Também é possível ver a preparação para a execução das contenções laterais, que foram feitas por meio-fio.

Figura 4: Preparo do subleito

Fonte: Autores (2024).

Por outro lado, a Figura 5 mostra a camada de sub-base, onde foi feito um aterro com uma camada de barro, seguida por terra preta, que foi compactada manualmente com soquete, buscando nivelar a área. Já é possível observar que as contenções laterais estão instaladas; esse confinamento deve ser construído antes da aplicação da camada de areia, onde os blocos serão assentados. Essas contenções formam uma espécie de “caixa” que garante o travamento correto dos blocos. Depois de todo esse preparo, a camada de areia é lançada para dar continuidade à execução

Figura 5: Execução da sub-base

Fonte: Autores (2024)

As Figuras 6a e 6b mostram a preparação da base, feita com um colchão de areia com espessura de 4 cm. Um ponto importante sobre essa camada é a espessura da areia: se for muito grossa, o piso pode afundar; se for muito fina, os blocos podem sofrer quebras ou rachaduras. Para garantir o nivelamento correto, foi utilizado um sarrafo, sempre com cuidado para não pisar nas áreas já niveladas e assim evitar danos. Segundo Cruz (2023),

a principal função dessa camada é proteger estruturalmente o subleito das cargas externas. Na Figura 6a, é possível observar o início do processo de pavimentação, com o assentamento dos blocos de concreto.

Figura 6: a) parte inicial do assentamento do PAVER; b) preparação da base/ colchão de areia

(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

Nas Figuras 7a e 7b, observa-se a camada de revestimento composta pelas peças de concreto sobre a base (colchão de areia). A execução do passeio foi feita com piso intertravado, utilizando blocos de 16 faces, medindo 22 x 11 cm, com espessura de 6 cm. Para o assentamento, foi usado um martelo de borracha, conforme as normas técnicas e referências bibliográficas consultadas.

A construção do piso intertravado envolve três etapas: colocação, acabamento e vibração das peças assentadas. No entanto, na obra, a última etapa — vibração com placa vibratória ou rolo compressor para compactação — não foi realizada. A justificativa apresentada foi que a empresa não possui esse tipo de equipamento.

Figura 7: a) Assentamento dos blocos de concreto; b) Assentamento dos blocos de concreto.

(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

Após a instalação dos blocos de concreto, iniciamos a fase final da execução do piso: a aplicação da areia de rejuntamento. Com o piso já assentado, é possível observar os vazios entre as peças, chamados de juntas. Essas juntas permitem a acomodação do piso e facilitam a drenagem da água da chuva, parte da qual infiltra pelo solo, contribuindo para a drenagem urbana.

Recomenda-se que essa areia seja mais fina que a usada no assentamento, para preencher melhor as juntas entre as peças. A areia fina foi espalhada sobre o pavimento com vassouras, selando as juntas, e o excesso foi removido e descartado.

A instalação do percurso, com aproximadamente 100 metros, foi concluída em cerca de 7 dias. Nas Figuras 8a e 8b, é possível ver o pavimento totalmente finalizado, incluindo as faixas de piso tátil (ladrilho hidráulico) em dois modelos: o direcional, para orientação do trajeto, e o de alerta, que indica mudança de direção ou fim do percurso. Todos os ladrilhos seguem as dimensões de 20 cm x 20 cm e espessura de 2 cm, conforme o projeto.

Figura 8: a) Obra concluída; b) PCI, com assentamento de piso tátil.

(a) (b)

Fonte: Autores (2024).

3.1. DRENAGEM NOS PAVIMENTOS INTERTRAVADOS

Entre as diversas patologias que podem surgir nos pavimentos, a presença da água é uma das principais causas de problemas estruturais. Por isso, é essencial um planejamento de drenagem eficiente, que evite o acúmulo de água no interior do pavimento, reduzindo a incidência de danos. Segundo Senço (2001), um pavimento sem um sistema de drenagem adequado exigirá mais manutenções do que aquele que possui uma drenagem bem projetada e funcional.

De acordo com Marchioni e Silva (2011), a capacidade de infiltração e a velocidade de escoamento da água estão diretamente relacionadas à espessura das juntas e ao tipo de material utilizado no rejuntamento. Além disso, a drenagem pode ocorrer também através dos próprios blocos, quando fabricados com concreto poroso, pois esse tipo de material possui vazios que facilitam a passagem da água para o solo.

Uma análise feita in loco, após quatro horas de chuva intensa, comprovou a eficácia do sistema de drenagem implementado na obra. A água foi escoada de forma eficiente pelas juntas entre os blocos, demonstrando que a espessura e o material utilizado favoreceram a infiltração adequada.

A Figura 9a mostra o centro da avenida dias antes do início das obras, onde, após cinco horas de chuva intensa, havia diversas poças de água, resultado de enchentes e enxurradas. Já na Figura 9b, observa-se o local com a obra finalizada e, após seis horas de chuva, não houve formação de poças ou alagamentos, confirmando a eficiência do pavimento intertravado quanto à sua permeabilidade e ao impacto positivo na qualidade de vida dos moradores.

Figura 9: a) Local, antes da execução da obra; b) Situação da drenagem de água do pavimento

(a) (b)

Fonte: Autores (2024).

3.2. MANUTENÇÃO DO PAVIMENTO INTERTRAVADO

De acordo com Carvalho (1998), a ausência de reforço adequado na fundação estrutural pode causar diversas patologias na pavimentação. Nesses casos, é necessário substituir não apenas os blocos danificados, mas também realizar a troca do rejuntamento. Além disso, deve-se ter atenção às camadas inferiores para evitar que desgastes reapareçam nos pontos restaurados.

Nesse sentido, Muller (2005) destaca que uma das principais vantagens do pavimento intertravado em relação a outros tipos de revestimento é justamente a facilidade de manutenção. Por ser um sistema modular, sua restauração pode ser feita de forma rápida e localizada, sem a necessidade de grandes intervenções ou uso de maquinário pesado.

Durante a execução da obra analisada, foi identificado um problema em uma determinada área, causado pela aplicação inadequada da areia de assentamento. Constatou-se que o colchão de areia estava úmido no momento do assentamento dos blocos, o que levou ao afundamento da base e ao surgimento de rachaduras nas peças. A solução adotada foi a remoção manual dos blocos afetados, sem comprometer as demais peças. A camada de areia úmida foi substituída por uma nova camada seca, com granulometria adequada. Em seguida, os blocos foram reassentados corretamente, sem a necessidade de equipamentos complexos, permitindo a liberação imediata do passeio para circulação.

3.3. FATORES DE SUSTENTABILIDADE

O pavimento intertravado é considerado uma solução sustentável, especialmente por sua capacidade de drenagem. As juntas entre os blocos permitem o escoamento da água para o solo, contribuindo com a recarga do lençol freático e reduzindo o risco de alagamentos em áreas urbanas. Esse tipo de pavimentação também contribui para o conforto térmico, uma vez que os blocos de concreto refletem menos calor do que o asfalto, reduzindo a absorção térmica da superfície.

Em agosto de 2001, uma medição realizada por Idário Domingues, em Ribeirão Preto (SP), ilustra bem essa diferença. A uma distância de apenas 100 metros entre os pontos de medição, a Figura 10a apresenta o resultado de 51°C sobre o pavimento intertravado, enquanto a Figura 10b mostra uma temperatura de 68°C sobre o pavimento asfáltico. Esses dados reforçam os benefícios térmicos e ambientais da utilização de blocos intertravados na infraestrutura urbana.

Figura: 10: a) e b) aferição dos pavimentos

Fonte: Idario Domingues ABCP (2004)

3.4. RESULTADOS E ANÁLISE

Os resultados demonstraram a eficácia do pavimento intertravado no que diz respeito ao conforto térmico, registrando-se uma redução de até 17°C na temperatura da superfície. A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2004) confirma que os pavimentos com blocos de concreto oferecem maior conforto térmico em comparação ao pavimento asfáltico.

Stark (1986) também destaca que os pavimentos de concreto proporcionam maior economia de energia elétrica, pois além de oferecerem melhor visibilidade e segurança, refletem até 30% mais luz, reduzindo a necessidade de iluminação artificial. Outro ponto relevante é o menor impacto ambiental desse tipo de pavimento, que utiliza menos energia em sua produção e gera uma quantidade inferior de resíduos em comparação aos sistemas convencionais.

Com base nesses aspectos, os benefícios trazidos à comunidade com a implantação do pavimento intertravado foram significativos, especialmente em relação à mitigação de enchentes e enxurradas, comuns na área antes da obra.

3.5. CUSTO-BENEFÍCIO

Segundo a ABCP (2011), embora o custo inicial do pavimento intertravado seja ligeiramente superior ao do pavimento convencional, sua vida útil estimada em 20 anos, aliada ao baixo custo e à facilidade de manutenção, torna essa solução altamente vantajosa do ponto de vista do custo-benefício.

No aspecto estético, o uso de blocos intertravados (paver) permite a criação de ambientes modernos, versáteis e visualmente agradáveis, com excelente durabilidade e manutenções simples, realizadas em longo prazo. Suas variações de formatos e cores possibilitam a transformação de áreas urbanas, valorizando o espaço público e promovendo maior integração com o entorno.

A seguir, apresenta-se uma tabela comparativa entre o pavimento intertravado, o pavimento rígido (concreto) e o pavimento flexível (asfalto), com base em critérios como resistência química, manutenção, segurança, durabilidade, custo inicial, tempo de execução e necessidade de mão de obra. Esses comparativos reforçam os motivos da

escolha pelo piso intertravado na obra analisada, especialmente no que se refere à durabilidade, à segurança e à adequação às condições e necessidades do local de intervenção.

Tabela 1: Comparação entre os tipos de pavimentações

	Pavimento Rígido	Pavimento Flexível	Pavimento Semi-Flexivel
Material	Concreto	Asfalto	Pavimento Intertravado de concreto
Tipo de Estrutura	Estruturas mais delgadas de pavimento	Estrutura mais espessas (requer maior escavação e movimento de terra) e camadas múltiplas.	Requer cuidados com a compactação do terreno. Espessura média do pavimento a partir de 4cm (tráfego de pessoas) 6 a 8 cm (para tráfego de veículos)
Resistencia Química	Resiste a ataques químicos (óleos, graxas e combustíveis)	É fortemente afetado por produtos químicos	Resiste a ataques químicos
Manutenção	Pequena necessidade de manutenção e conservação, o que mantem o fluxo de veículos sem interrupções	Necessário que se façam várias manutenções e recuperações, com prejuízos ao trafego e custos elevados	Manutenção baixa, sendo possível substituir peças
Segurança	Falta de aderência das demarcações viárias, devido ao baixo índice de porosidade. Necessário vassouramento para aumentar atrito.	Melhor aderência das demarcações viárias, devido a textura rugosa e alta temperatura de aplicação. Maior possibilidade de a pista ficar escorregadia	Marcação viária feita com peças de outras cores, e, portanto, não há necessidade de remarcações. Atrito alto com os pneus, aumentado a aderência
Durabilidade	Vida útil mínima de 20 anos	Vida útil máxima de 10 anos (com manutenção)	Vida útil mínima de 15 anos
Custo inicial	Elevado	Baixo	Intermediário
Tempo de execução	Mais demorado	Mais rápido	Não necessita de cura, e pode ser liberado no mesmo dia
Mão de obra	Mecanizada ou não	Uso de maquinário especifico	Mecanizada ou não

Fonte: TETRACOM (2024)

Como é possível verificar na analise, apesar do piso intertravado obter um custo Intermediário, seus benefícios são superiores a qualquer outro tipo de pavimentação, o que torna dele uma excelente opção a quem deseja investir nesse tipo de pavimento

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no desenvolvimento deste trabalho, apoiado por referências bibliográficas, artigos científicos e pelo acompanhamento **in loco** da obra escolhida, foi possível identificar diversos benefícios que a pavimentação com blocos de concreto intertravado pode proporcionar. Foram abordados conceitos fundamentais, as camadas que compõem o pavimento, suas características construtivas, os processos de execução e manutenção, além das vantagens que esse tipo de pavimentação trouxe ao bairro onde a obra foi realizada.

A implantação do piso intertravado resultou em melhorias significativas não apenas na infraestrutura urbana, com avanços na circulação e mobilidade, mas também na mitigação de impactos ambientais. Anteriormente afetada por enchentes e enxurradas frequentes, a área se beneficiou da natureza permeável do pavimento, que permite o escoamento da água para o solo de forma eficiente, contribuindo diretamente com a drenagem urbana.

A segurança também se destaca como um ponto forte: os blocos de concreto utilizados são antiderrapantes, o que reduz significativamente os riscos de escorregões, mesmo em períodos de chuva. Esse aspecto é especialmente vantajoso para idosos e pessoas com mobilidade reduzida.

Considerando as condições climáticas do município, o pavimento intertravado também contribui para a redução do efeito de ilha de calor em áreas urbanas. Isso ocorre porque sua permeabilidade permite a absorção e posterior evaporação da água, promovendo o resfriamento da superfície e, consequentemente, maior conforto térmico.

Diante dos inúmeros benefícios apresentados — como durabilidade, segurança, facilidade de manutenção, conforto térmico e contribuição ambiental —, o pavimento intertravado em blocos de concreto (paver) se mostra uma excelente alternativa a ser considerada por projetistas. Sua versatilidade, alta qualidade, bom custo-benefício e impacto positivo no ambiente urbano tornam essa solução uma escolha inteligente e sustentável, atendendo de forma eficiente às necessidades dos usuários e das cidades.

REFERÊNCIAS

[1] ABNT (2013) NBR 9781 – Peças de Concreto para Pavimentação – Especificação e Métodos de Ensaio. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

[2] ABCP ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. PR 01: pavimentos intertravados – Preparo da Fundação, 2010.; disponível em: *www.abcp.org.br/*. Acesso em: 02/06/2024

[3] BARBOSA, E. S. da C. BARBOSA, F. G. R. BASSI, V. B.; CASALECHI, D. L. Pavimentação com blocos intertravados de concreto: estudo de caso: comparativo de dimensionamento do pavimento na obra CLPA 02 Empreendimentos Imobiliários ltda. 2021. 39 p.

[4] CARVALHO, M. D. Pavimentação com peças pré-moldadas de concreto. 4.ed. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland. 32p. (ET-27), São Paulo, 1998. Disponível em: https://abcp.org.br/et-27-jun1998/. Acesso em: 09 jun. 2024

[5] CASTRO, R. A. O. **Identificação e potencialidade de uso de materiais e sistemas permeáveis destinados a projetos sustentáveis de pavimentação na construção civil.** Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia dos Materiais da Universidade Federal de São Paulo, 2023.

[6] COELHO, A. M. R.; SAGGIORO, F. G.; SALES, J. C. C.; ANDRADE, J. C. S.; CAVALCANTE, R. H. **Evaluation of the potential use of granite waste in products of the red ceramic industry in the state of Amazonas**. Matéria (Rio de Janeiro), 27(2), e13209, 2022.

[7] CRUZ, L. O. M. (2003) pavimento intertravado de concreto: estudo dos elementos e métodos de dimensionamento. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, RJ.

[8] FIORITI, Cesar F.; INO Akemi; AKASAKI, Jorge L.; **Avaliação de blocos de concreto para pavimentação intertravada com adição de resíduos de borracha provenientes da recauchutagem de pneus. Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 7, n. 4, out. /dez. 2007

[9] HALLACK, A. (1999) Dimensionamento de Pavimentos com Revestimento de Peças Pré-Moldadas de Concreto para Áreas Portuárias e Industriais. Tese de Doutorado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

[10] KNAPTON, J. The design of concrete block roads. London: C.C.A, 1976

[11] MEDEIROS, J. S. (1993) Alvenaria Estrutural não Armada de Blocos de Concreto: Produção de Componentes e Parâmetros de Projeto. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

[12] MULLER, R. M. Avaliação de Transmissão de Esforços em Pavimentos Intertravados de Blocos de Concreto. Dissertação (Mestrado), Sc. COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: http://www.coc.ufrj.br/pt/dissertacoes-de-mestrado/105-msc-pt-2005/2007-rodrigo-menegazmueller. Acesso em: 06:06:2024

[13] MARCHIONI, MSc. Mariana L.; SILVA, MSc. Cláudio Oliveira**; Conceitos e Requisitos para Pavimentos de Concreto Permeável;** São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011.

[14] NOVA, P. C. C. V.; GOEDERT, R.; SILVA, K. A.; SANTOS, M. T. M.; RODRIGUES, M. M. A.; CARVALHO, R. J. L.; OLIVEIRA, V. J. T. Uso de resíduos de madeira utilizados para a produção de piso intertravado.

[15] OLIVEIRA, J. D.; PADOVA, A. C.; DALL'AGNOL, J.; DA COSTA NETO, L. F.; SAGAZ, N. **Comparação da sustentabilidade ambiental, econômica e social para execução de calçadas.** MIX Sustentável, *8*(5), 75-91, 2022.

[16] PRATES, C. L. **Drenagem de águas pluviais: estudo de caso de um trecho de uma rua movimentada da capital mineira na Região Noroeste**. Curso de Especialização em Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, 2023.

[17] RUAS, F. A. O. **Análise do bloco de concreto fabricado com resíduo da construção civil acrescido de poliestireno expandido para piso intertravado.** Construindo, v. 12, n. 1, p. 25-35, 2020.

[18] STARK, RICHARD E. (1986). "Road Surfaces Reflectance Influences Lighting Desig, Lighting Design and Application", Portland Cement Association RP269 , Skokie, Illinois, 1986, 7 pages. Reprinted with permission from Lighting Design+ Application, April 1986.

[19] SENÇO, W. de. **Manual de técnicas de pavimentação.** 1. ed. (3. tiragem) São Paulo: Pini, 2001. v. 1.

[20] **Manual técnico de piso intertravado de concreto**/ T & A Blocos e Pisos. Fortaleza: T & A Blocos e Pisos, 2004.

Capítulo 4

Implementação de um Sistema de Drenagem Profunda no bairro Distrito Industrial da cidade de Parintins-AM

Domingos Ronnie Guimarães Franco
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: O crescente aumento da urbanização trouxe consigo vários problemas relacionados ao escoamento das águas, como exemplo a impermeabilização do solo. Na maioria dos municípios brasileiros os sistemas de drenagem encontram-se em condições inadequadas por ausência de um planejamento de infraestrutura adequado. Este artigo analisou o Sistema de Drenagem Profunda, utilizada para o escoamento de águas pluviais acumuladas na Rua Sucupira no Bairro Distrito Industrial da Cidade de Parintins-Am. Para isso, foram identificados os processos e as etapas do sistema, e consequentemente verificados os procedimentos usados na execução se estão de acordo com as normas técnicas. Finalmente, foi realizada uma análise comparativa da situação anterior e após a implementação do sistema de drenagem profunda no Distrito Industrial. Os resultados foram apresentados após uma pesquisa de observação por meio um fluxograma fotográfico dos processos das etapas realizadas. Além disso, verificou-se limitações de infraestrutura que o local apresentava, pois não tinha nenhum tipo de drenagem tanto superficial quanto profunda. Por fim, foi feito uma análise comparativa por meio de uma tabela, no qual mostra a análise de *checklist* com o intuito de apresentar os pontos crítico do local mostrando os problemas antes da implementação e os benefícios e melhorias depois do projeto concluído. Este trabalho ressalta a necessidade de um sistema de drenagem eficiente para evitar danos à infraestrutura e garantir a segurança dos moradores e usuários do local durante o período de chuvas intensas e de águas subterrâneas.

Palavras-chaves: Escoamento de águas. Planejamento. Sistema de drenagem.

1. INTRODUÇÃO

A industrialização tem sido um dos principais agentes de transformação das cidades, impulsionando o crescimento populacional e, consequentemente, o aumento da urbanização (FORTUNATO, 2024). Nos últimos anos, as mudanças climáticas, intensificadas pela expansão das áreas urbanas e o aumento da densidade populacional, têm se tornado um dos principais problemas enfrentados pelos grandes centros urbanos do país (ARAÚJO et al., 2018). Esse processo de urbanização acarreta uma série de desafios, que vão desde a ocupação irregular do solo até a carência de infraestrutura básica, resultando em modificações ambientais que afetam diretamente tanto a comunidade local quanto a sustentabilidade urbana (SILVEIRA, 2023).

Atualmente, as chuvas representam um dos principais fatores responsáveis pelo acúmulo de águas nas cidades. A ausência de sistemas de drenagem adequados tem causado sérios problemas, como inundações, que impactam o meio ambiente, a economia e a qualidade de vida da população (RAMOS et al., 2021). Um estudo realizado no município de Goiânia (GO) demonstra que a população local sofre com alagamentos provocados pelo aumento do volume de água escoado no perímetro urbano. Diante disso, a falta de infraestrutura de drenagem urbana pode desencadear problemas de saúde pública e prejuízos econômicos consideráveis (BONFIM, 2023).

Na Região Norte, as mudanças climáticas têm reduzido significativamente a resiliência da Amazônia. Essa perda está diretamente ligada às alterações climáticas e reforça a necessidade urgente de estratégias eficazes para enfrentar esses desafios e melhorar a qualidade de vida nas áreas urbanas da região (JÚNIOR et al., 2023). Em cidades amazônicas como Manaus, os elevados índices pluviométricos frequentemente causam inundações e alagamentos durante o período chuvoso, devido à fragilidade da infraestrutura de drenagem (MOREIRA, 2020).

Em diversos municípios brasileiros, não há planejamento adequado para os sistemas de drenagem urbana. Muitos são executados de forma insuficiente para atender à demanda local. No município de Ariquemes (RO), por exemplo, há sérios problemas no sistema de drenagem, resultando em alagamentos recorrentes que comprometem a mobilidade urbana (GOMES, 2021). Em Parintins, embora existam esforços para melhorar a infraestrutura de drenagem por meio da construção de novos sistemas, ainda há desafios significativos a serem superados para minimizar os impactos das águas pluviais e das enchentes.

O sistema de drenagem pluvial, em muitos casos, é uma das poucas infraestruturas que recebem investimentos contínuos por parte do poder público municipal. Obras de drenagem são comumente observadas pelas cidades. No entanto, embora as medidas estruturais sejam essenciais, elas são geralmente onerosas e, sozinhas, não garantem soluções eficazes e sustentáveis para os problemas urbanos (MACHADO et al., 2016). Assim, é fundamental continuar investindo em soluções integradas e sustentáveis, que considerem tanto aspectos técnicos quanto ambientais, para garantir o bem-estar da população e a preservação do meio ambiente.

Diante dessa problemática e das consequências provocadas pela ausência de drenagem adequada, este artigo analisou o sistema de drenagem profunda utilizado para o escoamento de águas pluviais acumuladas na Rua Sucupira, localizada no bairro Distrito Industrial, na cidade de Parintins (AM). Primeiramente, foi realizada a identificação do processo e das etapas que compõem o sistema de drenagem implantado. Em seguida, foram verificados os procedimentos técnicos aplicados durante a execução do sistema,

conforme as normas vigentes. Por fim, realizou-se uma análise comparativa entre a situação anterior e a condição atual após a implementação do sistema de drenagem profunda no Distrito Industrial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um projeto de drenagem profunda na Rua Sucupira, situada no bairro Distrito Industrial, na cidade de Parintins, estado do Amazonas. O Distrito Industrial é um dos 26 bairros que compõem o município e foi destinado pela Prefeitura Municipal a empresários e microempreendedores do setor moveleiro, com foco na fabricação de móveis. A Figura 1 ilustra a localização do bairro Distrito Industrial no contexto urbano de Parintins.

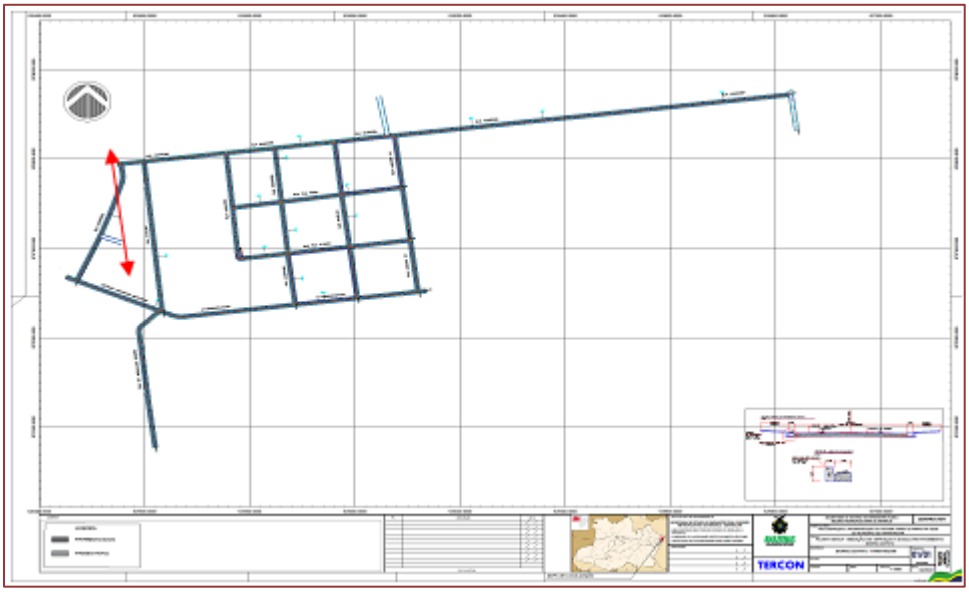
Figura 1: Bairros da cidade de Parintins, o Distrito Industrial é apresentado em um contorno.

Fonte: Google maps (2024).

Os alagamentos estão entre as principais causas do acúmulo de água no leito das ruas e em áreas urbanas, especialmente em períodos de fortes precipitações pluviométricas. Esse cenário é agravado em cidades com sistemas de drenagem ineficientes, principalmente naquelas que sofreram com a falta de planejamento urbano ou cresceram de forma desordenada. Tais condições resultam em impactos significativos, gerando problemas sociais, econômicos, ambientais e de saúde pública.

No bairro Distrito Industrial, a ausência de infraestrutura adequada tem provocado sérios transtornos, como alagamentos frequentes e inundações causadas por águas pluviais e subterrâneas. Para enfrentar essa situação, foi iniciado, em março de 2023, um projeto de urbanização e infraestrutura na área. A obra foi executada pela empresa Tercom Terraplenagem LTDA, com recursos do Governo do Estado do Amazonas e sob fiscalização da Prefeitura Municipal de Parintins. A Figura 2 apresenta o mapa do bairro Distrito Industrial, com destaque para a Rua Sucupira, sinalizada por uma seta vermelha.

Figura 2 - mapa das ruas do bairro Distrito Industrial



Fonte: Prefeitura Municipal, (2024).

2.1. ANÁLISE DAS ETAPAS DO SISTEMA DE DRENAGEM PROFUNDA

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre os sistemas de drenagem profunda mais utilizados em obras urbanas na Região Norte, com o objetivo de identificar os principais métodos aplicáveis ao contexto do bairro Distrito Industrial. Em seguida, foram feitas visitas in loco ao bairro, nas quais se realizaram sondagens exploratórias para verificar a existência de sistemas ou dispositivos de drenagem, considerando que o local não possuía um plano estruturado de drenagem e saneamento.

Após o levantamento preliminar, foram apresentados os dados à comunidade local, juntamente com uma análise das prováveis causas do acúmulo de água recorrente ao longo dos anos. Essa etapa contou com o apoio de informações meteorológicas e técnicas fornecidas pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), pela Prefeitura Municipal, pela Secretaria de Infraestrutura (SEINFRA) e pela empresa Tercom Terraplenagem LTDA. Com base nessas informações, foi analisado o projeto de drenagem a ser executado especificamente na Rua Sucupira.

Posteriormente, com a execução da obra em andamento, foi avaliada sua eficiência, principalmente quanto à redução dos pontos de alagamento e à melhoria das condições de vida das famílias afetadas. Também foram observadas e catalogadas outras obras de infraestrutura realizadas no município de Parintins, por meio de visitas à Secretaria de Infraestrutura e aos canteiros de obras em andamento, com a finalidade de obter registros fotográficos, documentais e informações técnicas adicionais.

Trata-se, portanto, de um estudo de caráter interdisciplinar, que busca demonstrar a relevância social das obras públicas de infraestrutura, não apenas para os moradores da Rua Sucupira, mas para toda a comunidade do bairro Distrito Industrial.

2.2. PROCEDIMENTOS PARA EXECUÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM PROFUNDA DE ACORDO COM AS NORMAS TÉCNICAS

Com base na pesquisa realizada, foram verificados os procedimentos técnicos adotados na execução do sistema de drenagem profunda, avaliando se estavam em conformidade com as normas vigentes. A drenagem urbana é um aspecto fundamental para o desenvolvimento sustentável das cidades. Embora não exista uma norma específica da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) voltada exclusivamente para projetos de drenagem urbana, há diversas legislações complementares e normativas técnicas locais que orientam a sua implementação conforme as particularidades de cada estado ou município.

Dessa forma, o Quadro 1 a seguir apresenta as etapas do trabalho executado, com base nas normas técnicas aplicáveis, servindo como referência para análise da conformidade da obra com os padrões exigidos.

Quadro 1: Etapas da drenagem profunda, segundo as Normas Técnicas

O processo de execução do sistema de drenagem profunda deve seguir as normas especificas para garantir a eficiência e durabilidade da instalação.	
Planejamento e Projeto	**a)** Realizar estudos geotécnicos para atender as características do solo e do lençol freático. **b)** Desenvolver um projeto detalhado que atenda às necessidades hidrológicas e hidráulica da área. **c)** Garantir que o projeto esteja em conformidade com as normas técnicas locais e nacionais relacionadas á drenagem urbana e sistema de escoamento de água. NBR 16633
Preparação do Local	**a)** Limpar e preparar a área onde serão instalados os sistemas de drenagem **b)** Verificar se não há interferências subterrâneas, como cabos elétricos ou tubulações de gás.
Escavação	**a)** Escavar valas de acordo côa as dimensões e profundidades especificas no projeto. **b)** Garantir que a escavação seja feita de maneira segura, evitando desmoronamento e acidentes. NBR 9061
Instalação dos Componentes	**a)** Colocar os tubos de drenagem de acordo com os alinhamentos e inclinação especificas no projeto. **b)** Instalar caixas de passagem, caixa de inspeção e outros dispositivos conforme necessário. **c)** Verificar se os materiais utilizados estão em conformidades com as normas técnicas aplicáveis, como ABNT NBR 7362:2019 – tubos de PVC – Requisitos e métodos de Ensino.
Compactação e Revestimento	**a)** Compactar o solo ao redor dos tubos para garantir a estabilidade e evitar a fundamentos futuros. **b)** Colocar materiais filtrantes e geotêxtis conforme especificado no projeto para evitar a obstrução do sistema e garantir uma boa drenagem. NBR 7182
Testes e Inspeção	**a)** Realizar testes de vazão pra garantir que o sistema de drenagem funcione conforme projetado. **b)** Realizar inspeções visuais para verificar se não há danos nos componentes e se os sistemas está livre de obstruções.
Documentação e conformidade:	**a)** Manter registros detalhados de todo processo de instalação, incluído materiais utilizados e inspeções feitas. **b)** Certificar-se de que a instalação está em conformidade com todas as normas técnicas relevantes e regulamentações locais antes de concluir o projeto.

Fonte: NBR 15645 (2008), Norma DNIT 030/2004

2.3. COMPARAÇÃO ENTRE O SISTEMA ANTERIOR E O NOVO SISTEMA IDEALIZADO

Por fim, será realizada uma análise comparativa entre as condições do sistema de drenagem do bairro antes e após a implementação do novo projeto. O objetivo é demonstrar a eficiência do sistema implantado, que além de mitigar alagamentos, proporciona benefícios significativos em termos de segurança, salubridade e qualidade de vida para os moradores.

Essa comparação será apresentada por meio de uma tabela do tipo checklist, composta por três colunas: a primeira identifica três dos pontos mais críticos do local; a segunda descreve as condições observadas no sistema anterior à obra; e a terceira avalia os resultados obtidos após a execução do novo sistema de drenagem.

A análise foi conduzida com base em observações sistemáticas realizadas durante o período de estágio, acompanhando todo o processo de implementação do projeto.

3. RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os principais resultados do estudo de caso realizado na área urbana do Distrito Industrial, no município de Parintins/AM. A análise concentrou-se no processo de implantação do sistema de drenagem profunda, conduzida durante o mês de março de 2023.

Embora os alagamentos sejam fenômenos naturais, tornam-se significativamente mais frequentes em áreas urbanas devido às alterações provocadas pela ocupação desordenada desses espaços. Esse tipo de problema é cada vez mais comum em cidades brasileiras, muitas vezes assumindo proporções desastrosas. Entre os principais fatores causadores estão: impermeabilização excessiva do solo, descumprimento do plano diretor, crescimento urbano descontrolado, baixo índice de arborização, ausência de fiscalização por parte dos órgãos competentes e ocupação irregular de áreas ambientalmente sensíveis — fatores que, juntos, podem transformar determinadas regiões em zonas de risco.

Dentre os locais mais afetados, destaca-se a Rua Sucupira. A situação crítica da área durante o período chuvoso é evidente. As Figuras 3a e 3b ilustram o problema recorrente de acúmulo de água nessa via, localizada no bairro Distrito Industrial de Parintins/AM.

Figura 3: a) visão da Rua Sucupira, após a chuva; b) visão da via analisada após a chuva

(a) (b)

Fonte: Autores (2024).

Geralmente, não se percebe o que está instalado sob o pavimento das vias públicas. A construção de um sistema de drenagem profunda é uma obra complexa e demorada, que exige o envolvimento de profissionais qualificados e certificados em todas as etapas, a fim de garantir a conformidade com as Normas Técnicas e a eficácia do sistema implantado. Após a finalização do pavimento asfáltico, a população em geral não tem conhecimento de que, sob essa camada, existe uma rede de tubulações responsáveis pela coleta das águas pluviais e subterrâneas.

Quando o solo apresenta excesso de umidade, seja por causas naturais ou artificiais, a drenagem torna-se necessária para melhorar suas características físicas, aumentando a resistência, a aeração e a estruturação. Além disso, quando o volume de escoamento superficial excede a capacidade dos cursos d'água que atravessam as cidades, ocorrem as inundações — fenômeno cada vez mais comum em áreas urbanas mal planejadas.

3.1. PROCESSOS E ETAPAS DO SISTEMA DE DRENAGEM PROFUNDA

O sistema de drenagem profunda tem como principal objetivo evitar inundações, especialmente em áreas mais baixas das cidades, que são naturalmente mais propensas a alagamentos. Essas obras são essenciais para o controle das cheias, o combate à erosão urbana e, consequentemente, para a melhoria da qualidade de vida da população. A drenagem pluvial, que conduz a água da chuva, é realizada por meio de tubos enterrados, canaletas e ralos instalados em calçadas e áreas pavimentadas.

A drenagem é definida como um conjunto de intervenções voltadas ao transporte, retenção, tratamento e escoamento adequado das águas pluviais. Para atingir esse objetivo, é necessário compreender e seguir etapas fundamentais durante a execução da obra.

A primeira etapa é a limpeza da área, que envolve a remoção de detritos, resíduos e sujeira, garantindo segurança e eficiência no canteiro. Em seguida, é realizado o estudo do solo, que permite a caracterização do terreno e antecipa informações importantes antes do início da obra. Esse processo é complementado pelo levantamento topográfico, que mapeia a superfície do terreno com medições precisas de forma, relevo e demais características tridimensionais.

Posteriormente, procede-se à escavação, com o objetivo de rebaixar ou regularizar o terreno, evitando problemas de declividade. As etapas seguintes incluem os cortes, utilizados para remover o excesso de material, e os aterros e reaterros, aplicados para preencher espaços vazios. A compactação do solo é fundamental para reduzir vazios entre partículas e garantir a estabilidade da fundação. Em alguns casos, é necessária a troca de solo, quando o material original não apresenta resistência suficiente para suportar a carga da edificação.

A drenagem é dividida em dois tipos principais:

- Drenagem profunda, responsável pelo escoamento de águas subterrâneas e de lençóis freáticos, evitando seu acúmulo.
- Drenagem superficial, voltada para o escoamento das águas da chuva acumuladas na superfície, prevenindo alagamentos em áreas urbanas.

Após essas etapas, realiza-se a terraplenagem, que nivela e compacta o terreno, preparando-o para receber a construção sem riscos de movimentação ou deformação. O processo final é a pavimentação**,** que consiste na aplicação de camadas estruturais sobre o solo, garantindo durabilidade e funcionalidade à via.

A organização sequencial dessas etapas permite uma melhor compreensão das atividades envolvidas na implantação do sistema de drenagem profunda. Com base nas normas técnicas (NBR 16280:2022 e outras aplicáveis), foi elaborado um fluxograma com imagens ilustrativas, apresentado na Figura 4, com o intuito de facilitar a visualização de cada fase do processo construtivo.

Figura 4: Apresentação das etapas necessárias para o processo de drenagem superficial

Fonte: Autores (2023)

O fluxograma da Imagem 4 mostra a sequência de atividades dos trabalhos implementados na Rua Sucupira. Esses serviços são visualizados pelas imagens e indicados por setas que vão desde o problema das águas acumulada, passando por todas as etapas até o processo final da obra.

3.2. ABERTURA DAS VALAS E ASSENTAMENTO DOS TUBOS PARA DRENAGEM

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) não possui uma norma específica para projeto de drenagem urbana. No entanto, existem algumas normas técnicas que podem ser úteis para o projeto de drenagem urbana, como a NBR 12266/1992, que trata do projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana.

Os tubos de concreto são escavados e assentados levando em consideração a inclinação da rede (geralmente entre 1% e 3%), receber uma camada de "berço de concreto" (uma base construída com concreto para suportar ou conter algo, como fundações, cabos ou tubos) (ABNT NBR 8890/2003). Os tubos são assentados com o auxílio de uma retroescavadeira (para DNs de 400, 500 e 600) ou com auxílio de uma escavadeira hidráulica no caso de tubos com 800mm para mais (Figura 5a). Após, serem alinhadas com as cotas do projeto, os tubos são envelopados ou rejuntados com argamassa geralmente traço 1:3. nos encontros das juntas dos tubos (macho fêmea), tanto interna e externa (Figura 5b).

Figura 5: a) Escavação mecânica de valas; b) Assentamento dos tubos nas valas.

(a) (b)

Fonte: Autores (2023)

3.3. CONFECÇÃO DAS PV'S E BL'S E CARGA DO MATERIAL PARA CORPO DE ATERRO.

Os poços de visita foram projetados com dimensões interna 1x1m, tendo alguns reajustes de acordo com a necessidade. Dessa forma, cada (PV) foi construída com o tamanho que permitiu todas as ligações. (Figura 6a). Os tubos de concretos utilizados durante a execução da obra apresentam as especificações constantes do projeto: diâmetro dos tubos formam de 400mm, 600mm, 800mm e 1000mm; tipo ponta e balsa (Figura 6b). O dimensionamento adequado das bocas de lobo (BL) é fundamental para garantir a eficiência do sistema de drenagem urbano e minimizar os impactos das chuvas nas vias públicas. (Figura 6c).

Figura 6: a) Poço de visita; b) Tubulações de concreto utilizadas; c) Preparação da Boca de lobo.

(a) (b) (c)

Fonte: Autores (2024).

A execução dos aterros deverá prever a utilização racional de equipamentos apropriados atendidas as condições locais e a produtividade exigida. Os equipamentos utilizados são divididos de acordo com sua principal função. A terminologia dos equipamentos e máquinas, seguem as normas da escavação da NBR, ABNT (1996). As máquinas utilizadas na execução da escavação estão listadas no Quadro 2, os tipos de máquinas, enquanto a Figura 7 apresenta, imagens exemplificando estas.

Quadro 2: Tipos de máquinas para escavação de solo.

Unidade de escavação	Tipo	Características	Aplicações e limitações
Escavo empurradores	Tratores com implementação de lâmina frontal ou escarificador traseiro (para desmonte prévio de material de 2ª categoria)	De pneus pra terrenos planos e bom suporte. De esteira para terrenos íngremes, baixo suporte ou pouca aderência.	Pequenas distâncias (até50 m). Empurra, não carrega.
Escavo transportadoras	Scraper rebocado com tratores de esteiras Moto-scraper (só pneus)	Os moto-scrapers podem ter um ou dois motores e tração nas quatro rodas; possuem lâmina de corte móvel no fundo da caçamba.	Scrapers rebocados são para distância de até 200 m; moto scrapers, de 100 m a 1.000 m.
Escavo carregadeiras	Pós-carregadeiras	Tratores sobre esteiras ou pneus com caçamba frontal carregadeira.	Dependem de unidades específica para o transporte.
	Escavadeira ou pás-mecânicas	Trator sobre plataforma com esteira ou pneus com lança e pá frontal (shovel)	Dependem de unidades específicas para o transporte.

Fonte: Balbo (2007), Adaptado pelos Autores (2024).

Figura 7: Tipos de máquinas

Fonte: Ciência e Pavimentação (2024).

3.4. PROCESSO DE TERRAPLENAGEM COM REGULARIZAÇÃO, ESCARIFICAÇÃO E COMPACTAÇÃO DO SOLO

O subleito é a fundação do pavimento, sendo constituído pelo solo natural do local da obra. A primeira etapa da construção do pavimento é a regularização do subleito. Inicialmente é feita a remoção da vegetação e da matéria orgânica presente no solo natural do local da obra. (DENIT 137/2010 – ES). A etapa subsequente é a escarificação, que é realizada na profundidade máxima de 20 cm conforme a norma DENIT de 137/2010 – ES (Figura 8). A execução das camadas de reforço de subleito (quando necessário), sub-base e base se assemelham, por esse motivo será demonstrado à execução somente da sub-base. (norma do DENIT 139-140-141).

Figura 8: Escarificação do Solo

Fonte: Autores (2024).

3.5. VERIFICAÇÃO DA EMULSÃO PARA IMPRIMAÇÃO E DA CAMADA ASFÁLTICA, MEIO FIO E SARJETA

Nesta etapa é feita a varredura da superfície para eliminação de todo e qualquer material solto (poeira). Em seguida, a base é levemente umedecida para receber a emulsão asfáltica para imprimação ou o asfalto diluído. A aplicação da emulsão asfáltica ou asfalto diluído tem tolerância da taxa de +ou- 0,2L/m^2 do valor definido em projeto. (Figura 9a). O tempo de exposição da base imprimida ao tráfego, depois da efetiva cura não deve ultrapassar 30 dias. Ao final da compactação o tráfego só poderá ser liberado após o completo resfriamento da massa asfáltica. (Figura 9b).

Figura 9: a) Emulsão; b) Revestimento asfáltico

(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

Depois de executar obras de drenagem e pavimentação asfáltica da rua, é determinado no projeto à construção do meio fio e sarjetas. A largura da rampa do rebaixamento da calçada deverá ser de 1,20 m de largura. O rebaixamento deve garantir faixa livre e contínua de 1,20 m de largura no passeio da calçada. A inclinação da rampa será de no máximo 8,33% e as abas laterais com inclinação máxima de 10,0%, apresentado na Figura 10.

Figura 10: Visão do meio fio e sarjeta executados.

Fonte: Autores (2024).

3.6. ANÁLISE COMPARATIVA

A Tabela 1 mostra a análise de *checklist* com o intuito de apresentar uma comparação apresentando os pontos críticos do local mostrando os problemas antes da implementação e os benefícios e melhorias depois do projeto concluído.

Tabela 1: Análise de *Checklist* mostrando o antes e o depois a implementação do projeto

Pontos críticos	Sistema anterior	Sistema implementado
Lâmina d'água	Sem nenhum tipo de infraestrutura no trecho mais crítico da rua em uma reta de 120m a altura de lâmina d'água gerada chega aproximadamente a uma altura de 1.50m. A durabilidade dessas águas chega em torno de mínimo 72h em alguns casos semanas para serem escoadas ou absorvidas para o solo.	Após o dimensionamento da lâmina d'água levando em consideração o espaço disponível e objetivo do projeto após o termino, verificou-se que o mesmo local não acumula presença de lâmina d'água. Após a precipitação das chuvas esse tempo estimado é de 1 hora para escoamento das águas. Garantindo a sua estabilidade e durabilidade.
Boca de Lobo	Verificou-se que antes da implementação do projeto não existia o número de bocas de lobos suficiente no logradouro fazendo com que água acumulada na superfície não escoasse, e quando acumuladas ocasionam grandes inundações prejudicando tanto a locomoção dos veículos como dos moradores.	Com a implementação de 8 bocas de lobo, com uma vazão em torno de 3,5L/s por segundo. Vazão é o volume de fluido que passa por uma seção por determinado período de tempo, facilitando o escoamento das águas acumuladas na superfície.
Pavimentação	A rua não era pavimentada, não existia nenhum tipo de pavimentação. Isso ocasionava problemas de locomoção, prejudicando tanto o acesso dos veículos como dos moradores. Pois quaisquer chuvas no local as vias ficavam intransitáveis.	Com a implementação do sistema de drenagem todas as ruas foram pavimentadas, fazendo com que a água fosse melhor escoada e não acumulasse tanto. Melhorando a infraestrutura viária, o aumento a segurança, melhora acessibilidade e contribui para a qualidade de vida dos moradores.

Fonte: Autores (2024)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um estudo de caso, onde foi analisado um Sistema de Drenagem Profunda, utilizado para o escoamento de águas pluviais acumuladas na Rua Sucupira no Bairro Distrito Industrial da Cidade de Parintins-Am

Ao analisar os processos de execução de drenagem foi necessário compreender todas as etapas desse tipo de infraestrutura. Por outro lado, verificou-se, que essas etapas são essenciais obedecer às Normas Técnicas para que tenha maior e melhor resistência, aeração e estruturação. Após, foi desenvolvido um fluxograma apresentando as etapas que são necessárias para o processo de drenagem, onde verificou-se os pontos críticos do local mostrando os problemas antes da implementação e os benefícios e melhorias depois do projeto concluído.

Por fim, conclui-se que a execução da obra realizada cumpriu os objetivos de deter as águas acumuladas no bairro.

O estudo de caso e os resultados do trabalho mostram a importância de uma infraestrutura de drenagem urbana para a população, e necessitam que esses procedimentos sigam os padrões das Normas Técnicas vigentes.

REFERÊNCIAS

[1] ARAÚJO, G. P.; DUNDER, B. D. SÍLVIA H. Z. "**Ações do Consórcio Intermunicipal do ABC que Convergem com as Adaptações às Mudanças Climáticas Globais em Grandes Centros Urbanos**: uma Análise do 1 Plano Plurianual Regional Participativo do Grande ABC." *1º ANPPAS SUDESTE:* Sustentabilidade e interdisciplinaridade: Avanços e desafios para o desenvolvimento. Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. Anais (2018): 26-28.

[2] BONFIM, M. T. **Estado da arte da drenagem no município de Goiânia** – GO. Trabalho Conclusão de Curso. p. 9-10; ano 2023.

[3] FORTUNATO, T; SANTANA, M. **A produção desigual do urbano como fator na formação das diferentes paisagens**. Revista Arquitetura e Lugar, Campina Grande, v. 2, n. 5, p. 56-63, 2024.

[4] GOMES, F. F.; REZENDE, D. DRENAGEM URBANA: **Caracterização e proposta sustentável em uma avenida no interior da Amazônia Legal**. p. 29. 2021.

[5] JÚNIOR, R. A. R. C.; PINHEIRO, É. C. N. M.; DE FREITAS CASTILHO, J. G. **Sistema de drenagem superficial em um conjunto habitacional no município de Rio Preta da Eva/AM–estudo de caso**. Brazilian Journal of Development, v. 9, n. 12, p. 30855, 2023.

[6] MACHADO, et al. Plano Diretor: **Uma breve análise sobre a aplicabilidade em saneamento básico na cidade de Parintins** – Am: XVIII Encontro Nacional de Geógrafos. A Construção do Brasil: geografia, ação política e democracia; Parintins, p. 5-7, 2016.

[7] MOREIRA, A. M. **Valoração de danos de inundações em três capitais da Amazônia brasileira**: Belém – PA, p. 16. 2020.

[8] SILVEIRA, J. H. P. **Sustentabilidade, Meio ambiente e Responsabilidade social**. Artigos selecionados, v.1, p. 25, 2023.

[9] RAMOS, et al. **Processo executivo de sistema de Drenagem Urbana-estudo de caso**: avenida Tancredo Neves-Parque Dez. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 7, n.11, p. 108363 2 nov. 2021

Capítulo 5

Execução de reforço de fundações em prédio universitário com estacas raiz

Eduardo Lima Sicsú Farias
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: O estudo "Execução de Reforço de Fundações em um Prédio Universitário com Estacas Raiz no Município de Parintins-AM", investiga uma solução de engenharia essencial para a estabilidade da universidade FAMETRO. Devido às condições geotécnicas locais e ao desgaste estrutural, foram utilizadas estacas raiz, conhecidas por sua eficácia em solos complexos e áreas de acesso restrito. O trabalho destaca a conformidade com a norma ABNT NBR 6122:2019 e inclui uma revisão da literatura, análise das condições do solo, e um plano detalhado de implementação. A pesquisa demonstrou que as estacas raiz são uma solução robusta e durável, proporcionando uma significativa melhoria na estabilidade das fundações do edifício universitário, contribuindo assim para a segurança e a longevidade da construção.

Palavras-chave: construção, eficácia, durabilidade.

1. INTRODUÇÃO

O presente estudo propõe a explorar os desafios específicos e as soluções técnicas envolvidas na execução de reforço de fundações em prédios universitários utilizando estacas raiz. Por outro lado, em Ioannis (2019), o autor destacou que este método, além de fortalecer as estruturas afetadas, é adaptável às exigências contemporâneas sem comprometer a integridade dos edifícios. Ao integrar preocupações ambientais e históricas com inovação técnica, este estudo visa oferecer uma abordagem holística e eficaz para a conservação do patrimônio arquitetônico e cultural das instituições educacionais Luciani e Del Curto (2018).

A execução de reforço de fundações em edifícios vai além de um desafio meramente estrutural, envolvendo também a complexa tarefa de preservar o valor cultural dessas construções. Prédios universitários, em particular, são testemunhos vivos de conhecimento e história, demandando abordagens de conservação que respeitem sua integridade arquitetônica única. Nesse contexto desafiador, técnicas inovadoras como o uso de estacas raiz emergem como soluções promissoras, como mostra a pesquisa de Mello, Bremer e Hebert (2020). Os autores destacam a aplicação das estacas raiz como uma estratégia eficaz para o reforço de fundações, especialmente em edificações históricas. Suas pesquisas sublinham não apenas a melhoria estrutural proporcionada por essas técnicas, mas também sua capacidade de minimizar o impacto ambiental ao reutilizar recursos de maneira eficiente.

A importância da sustentabilidade no contexto do patrimônio histórico, foi abordada em Zhang e Dong (2019), onde eles ressaltam a argumentação que a adoção de métodos de reforço não apenas protege as estruturas contra o tempo e o clima, mas também promove a preservação a longo prazo desses monumentos culturais. Essa visão é corroborada por Havinga, Colenbrander e Schellen (2019), que advogam por métodos de conservação que minimizem o desperdício e maximizem a reutilização de recursos não renováveis.

Em contrapartida, em Luciani e Del Curto (2018), eles destacam a importância do patrimônio cultural como um recurso único e insubstituível, cuja conservação deve considerar tanto aspectos históricos quanto ambientais. A urgência em reforçar estruturas históricas, seja devido à deterioração natural, desastres naturais ou mudanças normativas, é amplamente discutida por Bednarz et al. (2014), Lavín et al. (2018), Mayorga et al. (2019), Papadopoulos e Ioannis (2019) e Sonda et al. (2019). Eles concordam que técnicas avançadas, como o reforço com estacas raiz, não apenas fortalecem as estruturas afetadas, mas também garantem sua adaptação às exigências contemporâneas sem comprometer sua integridade do edifício.

As pesquisas conduzidas por Mello, Bremer e Hebert (2020), sublinham vários benefícios importantes das estacas de raiz. Primeiramente, essas técnicas proporcionam uma melhoria estrutural significativa. Elas aumentam a estabilidade das fundações ao transferir as cargas para camadas mais profundas e mais resistentes do solo, evitando problemas como recalques diferenciais e assentamentos indesejados que podem comprometer a integridade das construções históricas.

Assim, este estudo introdutório tem como parte explorar os desafios técnicos específicos enfrentados na execução de reforço de fundações em prédios universitários utilizando estacas raiz. Além disso, destaca o papel crucial dessas técnicas na preservação sustentável do patrimônio arquitetônico e cultural. Ao integrar inovação técnica com preocupações ambientais, este estudo propõe uma abordagem eficaz para a conservação

da construção de nossas instituições educacionais. Dessa forma, busca-se não apenas preservar a estrutura, mas também proteger e valorizar seu significado cultural e histórico para as futuras gerações.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para assegurar que as fundações em estacas raiz atendam aos requisitos de segurança, estabilidade e desempenho estabelecidos pela norma. A conformidade com a ABNT NBR 6122:2019 – "Projeto e execução de fundações" é fundamental haja a realização de projetos de fundações eficientes e seguros, especialmente em contextos como prédios universitários, onde a precisão e a minimização de impactos são cruciais.

O presente trabalho foi analisado em diferentes etapas, começando com um estudo detalhado de artigos científicos que pudessem comprovar a veracidade e a eficácia da aplicação de fundações com estacas raiz em prédios universitários. Inicialmente, foi conduzida uma revisão da literatura para identificar os métodos mais adequados para a implementação desse tipo de fundação, considerando as especificidades das edificações acadêmicas, que frequentemente apresentam desafios únicos devido à sua complexidade estrutural e à necessidade de minimizar vibrações e deslocamentos.

Em seguida, foram avaliadas as condições e o estado da construção existente para determinar a viabilidade da aplicação das estacas raiz. Este processo incluiu a análise de fatores como o tipo de solo, a profundidade necessária para a instalação das estacas, e a carga que a fundação precisaria suportar. Além disso, foram considerados aspectos técnicos e logísticos, como o espaço disponível para a instalação do equipamento necessário e as possíveis interferências com as atividades acadêmicas em andamento.

A etapa final é preciso que haja uma elaboração de um plano detalhado para a implementação da fundação com estacas raiz, levando em conta todas as informações coletadas nas fases anteriores. Para este plano é preciso que inclua a definição dos procedimentos de instalação, o cronograma das atividades e as medidas de mitigação de riscos para garantir a segurança e a integridade da construção e dos usuários do prédio. Ao longo de todas as etapas, a pesquisa destacou a importância de um planejamento meticuloso e de uma execução precisa para assegurar que a fundação com estacas raiz atenda aos requisitos estruturais e funcione de maneira eficaz e segura no contexto de um prédio universitário

Para que a investigação das condições atuais da fundação de um prédio universitário seja clara, é preciso analisar vários aspectos críticos que necessitam de atenção imediata. Através de uma série de inspeções visuais, ensaios não destrutivos e sondagens geotécnicas, será identificado sinais claros de problemas estruturais. Trincas e fissuras nas paredes, pisos desnivelados e portas e janelas desalinhadas sugerem a ocorrência de recalques diferenciais. Esses sintomas são indicativos de que a fundação está sofrendo movimentações que comprometem a integridade da estrutura.

Além disso, a análise das amostras de solo e a revisão dos registros históricos da construção devem indicaram que o terreno sobre o qual o prédio foi erguido possui características que podem contribuir para a instabilidade, como camadas de solo com baixa capacidade de suporte e a presença de lençol freático próximo à superfície. A idade da edificação e possíveis modificações ao longo dos anos, como reformas e aumentos de carga sem o devido reforço estrutural, também foram fatores que potencializaram os problemas observados.

Diante dessas condições, a necessidade de um reforço estrutural torna-se evidente. A técnica de estacas raiz se apresenta como uma solução adequada, dada sua capacidade de atuar em áreas confinadas e de melhorar a capacidade de carga das fundações sem causar grandes perturbações ao edifício existente. Esse método permitirá a estabilização da estrutura, mitigando os recalques diferenciais e garantindo a segurança e longevidade do prédio universitário.

Partindo dessa ótica, pode se afirmar que a técnica de estacas raiz é uma solução amplamente utilizada no reforço de fundações, especialmente em contextos onde o acesso é restrito e há necessidade de minimizar impactos na estrutura existente. Esse método envolve a perfuração de pequenos diâmetros e a injeção de calda de cimento sob pressão, formando estacas que aumentam a capacidade de carga do solo e melhoram a estabilidade da fundação. As estacas raiz são perfuradas utilizando equipamentos compactos, que permitem sua aplicação em áreas confinadas e em terrenos com condições adversas.

Uma das principais vantagens das estacas raiz é sua versatilidade. Elas podem ser instaladas em praticamente qualquer tipo de solo, incluindo aqueles com alta variabilidade ou presença de lençol freático. A capacidade de suportar cargas elevadas com diâmetros relativamente pequenos torna essa técnica ideal para reforços em edificações existentes, onde a perturbação mínima é essencial. Além disso, a flexibilidade de adaptação às condições específicas do terreno e da estrutura existente é um ponto forte.

No entanto, a técnica também apresenta algumas limitações. O processo de perfuração e injeção pode ser sensível a variações no solo, exigindo um controle rigoroso e experiência técnica para garantir a qualidade das estacas. O custo pode ser relativamente alto devido à necessidade de equipamentos especializados e mão de obra qualificada. Além disso, a execução das estacas raiz pode gerar vibrações que, embora controláveis, necessitam de monitoramento para evitar danos à estrutura adjacente.

Para a execução do reforço de fundações utilizando estacas raiz em um prédio universitário vai envolver uma série de desafios técnicos e logísticos, custos significativos e impactos diversos na estrutura existente.

Além disso, será necessário considerar a interferência nas atividades acadêmicas em andamento. Para mitigar esse impacto, as fases de execução podem ser organizadas para ocorrer durante horários de menor movimento, como férias e finais de semana. As condições geotécnicas variáveis do solo, incluindo a presença de lençol freático e possíveis interferências com fundações pré-existentes, também exigiram sondagens detalhadas antes do início dos trabalhos, permitindo ajustes necessários no projeto das estacas.

Os custos envolvidos na execução das estacas raiz serão significativos, englobando a aquisição ou locação de equipamentos específicos, materiais como cimento, aço para armaduras e aditivos para injeção, além de custos com mão de obra especializada. A equipe técnica necessária incluía engenheiros geotécnicos, operadores de equipamentos e supervisores, representando uma parcela considerável do orçamento total. Adicionalmente, será preciso investir em sistemas de monitoramento de recalques e controle de qualidade, com custos contínuos para análise de dados e manutenção dos equipamentos.

O impacto na estrutura existente do prédio universitário será substancial. As estacas raiz contribuem significativamente para a estabilização da edificação, mitigando

recalques diferenciais que poderiam comprometer a integridade estrutural. A integração precisa com as fundações pré-existentes será crucial para garantir a transferência adequada de cargas, sendo realizados projetos detalhados de integração e uso de técnicas de injeção de calda de cimento. Durante a execução, houve preocupação com a geração de vibrações e assentamentos temporários, mitigados através do controle rigoroso dos parâmetros de perfuração e uso de técnicas adequadas.

Dessa forma, o processo de reforço das fundações com estacas raiz em um prédio universitário, apesar dos desafios e custos envolvidos, resultará em uma solução robusta para garantir a estabilidade estrutural da edificação, assegurando sua segurança e funcionalidade a longo prazo.

3. RESULTADOS

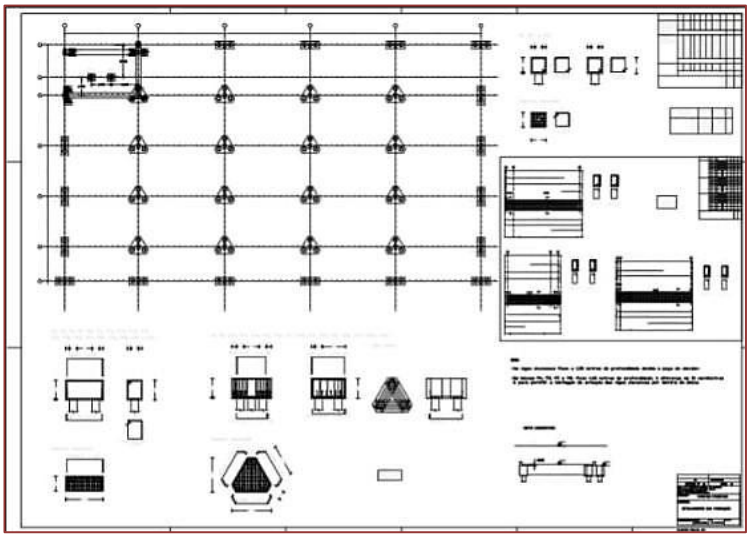
A execução de reforço de fundações é uma prática essencial na engenharia civil, especialmente em edificações que apresentam problemas estruturais ou necessitam de adaptações para suportar novas cargas. O presente capítulo se destina à análise e discussão dos resultados obtidos na pesquisa intitulada "Execução de Reforço de Fundações em Prédio Universitário Com Estacas Raiz". Que tem como objetivo principal a análise da eficácia e a viabilidade da técnica de estacas raiz na execução do reforço das fundações de um prédio universitário. As estacas raiz, conhecidas por sua alta capacidade de carga e adaptabilidade a diferentes condições de solo, foram escolhidas como método de intervenção para garantir a estabilidade e a segurança da estrutura.

3.1. INVESTIGAÇÃO DAS CONDIÇÕES ATUAIS DA FUNDAÇÃO DO PRÉDIO UNIVERSITÁRIO, IDENTIFICANDO POSSÍVEIS PROBLEMAS ESTRUTURAIS E A NECESSIDADE DE REFORÇO.

A investigação partiu da planta baixa do prédio universitário. Com isso, o estudo intitulado “Execução de Reforço de Fundações em um Prédio Universitário com Estacas Raiz no Município de Parintins-AM” aborda uma intervenção de engenharia fundamental para garantir a estabilidade e a segurança estrutural da universidade FAMETRO. Situada em Parintins, no estado do Amazonas, a instituição necessitou de um reforço em suas fundações devido às condições geotécnicas locais e ao desgaste ao longo do tempo. As estacas raiz foram escolhidas como a técnica de reforço, uma vez que oferecem uma solução eficaz para fundações em solos complexos, como os encontrados na região amazônica. Este método é amplamente utilizado em obras de reforço e reabilitação de fundações, devido à sua capacidade de suportar cargas elevadas e sua aplicabilidade em espaços restritos e com acesso limitado. O estudo detalha a metodologia empregada, os desafios enfrentados durante a execução e os resultados obtidos, fornecendo uma visão abrangente sobre a importância das estacas raiz no contexto de engenharia civil em regiões com características geológicas peculiares.

A figura da planta revela o layout detalhado da área onde serão implementadas as fundações com estacas raiz para a construção do prédio universitário em Parintins-AM. Este documento técnico é fundamental para orientar todas as fases de execução, desde a preparação inicial do solo até a conclusão da fundação. Na planta, estão claramente demarcados os pontos específicos onde cada estaca será instalada, garantindo uma distribuição adequada que suporte de maneira equilibrada as cargas estruturais do edifício.

Figura 1: planta baixa da construção do prédio em questão.



Fonte: Fonseca, (2022)

As marcações incluem coordenadas precisas e profundidades planejadas, levando em consideração as características geotécnicas do terreno e a necessidade de evitar interferências com outras infraestruturas subterrâneas. A planta também fornece uma visão geral do entorno imediato, permitindo que os engenheiros e trabalhadores tenham uma compreensão completa do espaço de trabalho e das condições do solo. Esse planejamento detalhado é essencial para minimizar riscos e garantir que cada estaca raiz seja posicionada de forma otimizada, contribuindo para a estabilidade e a segurança do edifício. A figura, portanto, serve como uma referência vital para toda a equipe envolvida, assegurando que cada etapa do projeto seja executada conforme o planejado e dentro dos parâmetros de engenharia estabelecidos.

3.2. ESTUDO DA TÉCNICA DE ESTACAS RAIZ, COMPREENDENDO SEUS PRINCÍPIOS, VANTAGENS E LIMITAÇÕES, E SUA ADEQUAÇÃO PARA O REFORÇO DE FUNDAÇÕES EM PRÉDIOS UNIVERSITÁRIOS.

As estacas raiz possuem características distintivas que tornam sua utilização especialmente vantajosa em situações em que outros tipos de estacas são inviáveis. Uma das principais vantagens das estacas raiz é a ausência de choques e vibrações durante sua execução, o que as torna ideais para projetos em áreas urbanas densamente ocupadas ou em locais sensíveis a perturbações. Além disso, a capacidade de atravessar blocos de rochas ou peças de concreto expande significativamente o leque de situações em que podem ser aplicadas.

Os equipamentos utilizados na execução das estacas raiz são geralmente de pequeno porte, permitindo sua operação em espaços restritos onde máquinas maiores não poderiam ser utilizadas. Essa característica é crucial para intervenções em edificações existentes, como no caso de reforço de fundações em prédios universitários, onde o espaço disponível é muitas vezes limitado.

Outra vantagem das estacas raiz é sua versatilidade na orientação de execução. Elas podem ser instaladas tanto na vertical quanto em qualquer inclinação, o que oferece

flexibilidade adicional aos engenheiros na adaptação às condições específicas do terreno e aos requisitos do projeto. Essa flexibilidade, aliada às outras vantagens mencionadas, faz das estacas raiz uma das principais opções para reforço de fundações, conforme destacado por Velloso e Lopes (2012).

A Tabela 1 apresenta as características das estacas raiz, as quais possuem diversas características que variam conforme seu diâmetro final, influenciando diretamente suas propriedades mecânicas e dimensões espaciais. Os diâmetros finais das estacas podem variar de 100 mm a 410 mm, resultando em diferentes áreas de seção transversal, momentos de inércia e perímetros. Por exemplo, uma estaca com 100 mm de diâmetro possui uma área de seção transversal de 79 cm^2, um momento de inércia de 491 cm^4 e um perímetro de 31 cm, enquanto uma estaca com 410 mm de diâmetro apresenta uma área de 1320 cm^2, um momento de inércia de 138709 cm^4 e um perímetro de 126 cm.

Durante a execução, a distância mínima entre os eixos das estacas deve ser respeitada para garantir a estabilidade da fundação. Esta distância varia de 60 cm para estacas menores a 130 cm para as maiores. A distância do eixo da estaca à divisa do terreno é constante em 30 cm, independentemente do diâmetro da estaca.

Tabela 1: Característica das estacas-raiz

Características da estaca									
Raiz Diâmetro final da estaca	mm	100	120	150	160	200	250	310	410
Área da seção transversal da estaca	cm^2	79	113	177	201	380	491	755	1320
Momento de inércia	cm^4	491	1018	2485	3217	7854	19175	45333	138709
Perímetro da estaca	cm	31	38	47	50	63	79	98	126
Distância mínima entre eixos	cm	60	60	60	60	70	80	100	130
Distância do eixo a divisa	cm	30	30	30	30	30	30	30	30

Fonte: Modificada de Hachich, et al., (1998).

O processo executivo envolve primeiramente a perfuração, que pode ser realizada em solos normais com uma perfuratriz rotativa ou rotopercussiva. Em solos que contêm matacões ou que requerem embutimento em rochas, utiliza-se equipamento específico para perfuração de rochas. Após a perfuração, o furo é limpo e a armadura é colocada, podendo ser moldada em feixe ou em gaiola. A concretagem é realizada através de uma bomba de injeção que preenche o furo com argamassa de baixo para cima, expulsando a água de circulação. Finalmente, o revestimento é retirado e o nível de argamassa é ajustado para completar a estaca.

Conforme a NBR 6122 (2010), o processo executivo das estacas do tipo raiz envolve várias etapas específicas. A perfuração pode ser realizada em solo normal usando perfuratriz rotativa ou rotopercussiva, com a introdução do revestimento através da injeção de água de circulação direta. Em solos com matacões ou ao atingir rochas, utiliza-se um procedimento similar até encontrar o obstáculo, momento em que a perfuração contínua dentro do revestimento com equipamentos apropriados para rochas. Após a perfuração, realiza-se a limpeza do furo e a colocação da armadura, que pode ser moldada em feixe ou em gaiola e apoiada no fundo do furo. A concretagem é feita preenchendo o

furo com argamassa por meio de uma bomba de injeção, que insere o material de baixo para cima, expulsando a água de circulação. Após o preenchimento, o revestimento é retirado e o nível de argamassa é ajustado conforme necessário.

Figura 2: Fases de execução de estaca Raiz

Fonte www.engesol.eng.br. Acessado em 27/05/2024

O processo executivo das estacas raiz envolve etapas precisas, incluindo perfuração com equipamentos adequados, limpeza do furo, colocação da armadura e concretagem com argamassa. Sua utilização é especialmente viável em locais com restrição de espaço, devido ao uso de equipamentos de pequeno porte e à capacidade de perfuração em diferentes inclinações. A técnica de estacas raiz oferece uma solução robusta e versátil para uma variedade de desafios de engenharia, garantindo a estabilidade e a segurança das estruturas em diferentes condições de solo.

A utilização de estacas raiz na execução e reforço de fundações apresenta-se como uma solução técnica e economicamente viável para diversos desafios enfrentados na engenharia civil. Sua capacidade de perfuração em diferentes tipos de solo, incluindo áreas com presença de matacões ou rochas, aliada à versatilidade na orientação de execução, torna-as uma opção atrativa para uma ampla gama de projetos. Além disso, o processo executivo detalhado, conforme normas como a NBR 6122 (2010), assegura a qualidade e a segurança das estacas raiz, contribuindo para a durabilidade e estabilidade das estruturas construídas ou reforçadas.

Contudo, a técnica de estacas raiz possui algumas limitações. O processo de instalação pode ser mais lento e dispendioso em comparação com outras técnicas de fundação, devido à necessidade de equipamentos especializados e mão de obra qualificada. Além disso, a dependência da qualidade do material injetado e da precisão na execução pode influenciar diretamente a eficácia do reforço. É essencial um controle rigoroso de qualidade durante a execução para garantir que as estacas cumpram com os requisitos de projeto.

3.3. AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE EXECUÇÃO DO REFORÇO DE FUNDAÇÕES UTILIZANDO ESTACAS RAIZ NO PRÉDIO UNIVERSITÁRIO EM ESTUDO, ANALISANDO OS DESAFIOS ENFRENTADOS E O IMPACTO NA ESTRUTURA EXISTENTE.

A execução do reforço de fundações utilizando estacas raiz no prédio universitário em estudo envolveu uma série de etapas críticas, cada uma com seus próprios desafios e implicações para a estrutura existente. O processo iniciou-se com uma avaliação detalhada das condições geotécnicas e estruturais, que revelou a necessidade de reforçar a fundação devido a sinais de assentamento diferencial e fissuras nos elementos estruturais.

A imagem 1 captura o processo de perfuração do solo utilizando uma máquina perfuratriz. A perfuratriz, equipada com uma broca robusta, está operando para penetrar o terreno e criar um poço profundo necessário para a instalação das estacas raiz. O operador da máquina monitora atentamente o progresso, garantindo a precisão da perfuração e a estabilidade da estrutura circundante. Ao redor da perfuratriz, medidas de segurança são visíveis, incluindo barreiras e sinalizações para proteger os trabalhadores e prevenir acessos não autorizados. A área de trabalho é mantida organizada, com equipamentos auxiliares e materiais preparados para a próxima etapa do reforço da fundação.

Imagem 1: processo de perfuração do solo com a máquina perfuratriz.

Fonte: Autores (2022)

Observa-se a etapa crucial de preparação do solo para a implantação de fundações com estacas raiz na construção da universidade FAMETRO, em Parintins-AM. Esse processo inicial é essencial para garantir a eficácia e a segurança das estacas raiz, que serão instaladas posteriormente. A preparação do solo envolve várias etapas técnicas precisas e detalhadas. Primeiro, é realizada uma análise geotécnica minuciosa do terreno, identificando as características do solo e as possíveis dificuldades que possam surgir durante a perfuração. Em seguida, são delimitadas as áreas específicas onde as estacas serão instaladas, garantindo uma distribuição uniforme das cargas estruturais.

A técnica utilizada para a perfuração do solo com a máquina perfuratriz envolve a perfuração rotativa, onde uma broca, acoplada à perfuratriz, gira continuamente para penetrar o solo. A broca é projetada para cortar e deslocar o material do subsolo, enquanto um sistema de circulação, geralmente utilizando fluido ou ar comprimido, remove os detritos gerados pela perfuração. A perfuração é realizada em seções controladas, com a profundidade e o diâmetro ajustados conforme os requisitos do projeto. Esta técnica é eficaz em diversos tipos de solo, incluindo terrenos rochosos, e permite a instalação precisa das estacas raiz, fundamentais para reforçar a fundação da estrutura.

Imagem 2: Técnica usada para a perfuração do solo com a máquina perfuratriz.

Fonte: Autores (2022)

A Imagem 2 destaca como é realizada a perfuração da área com equipamentos especializados, capazes de penetrar profundamente no solo, mesmo em condições geológicas adversas, como as encontradas na região amazônica. Durante a perfuração, é fundamental monitorar constantemente o progresso e ajustar as técnicas conforme necessário para superar obstáculos como camadas de solo mais compactas ou a presença de água subterrânea. Este processo meticuloso assegura que as estacas raiz possam ser instaladas com precisão, oferecendo a estabilidade necessária para suportar as cargas do edifício universitário. A preparação adequada do solo e a técnica de perfuração empregada são fundamentais para o sucesso do projeto, garantindo a durabilidade e a segurança da estrutura ao longo do tempo.

A montagem das barras de ferro para aplicação da fundação em estaca raiz é um processo essencial e meticuloso. Inicia-se com a preparação do terreno, seguida pela perfuração do solo até a profundidade adequada. As barras de ferro são então cuidadosamente inseridas nos furos perfurados, garantindo que estejam alinhadas corretamente e atinjam a profundidade desejada. Após a colocação das barras, o concreto é injetado nos furos, envolvendo as barras por completo para garantir a estabilidade e resistência necessárias à fundação. Este método não só fortalece a base da estrutura, mas

também minimiza os impactos ambientais ao otimizar o uso de materiais e recursos disponíveis (Imagem 3).

Imagem 3: montagem das barras de ferro.

Fonte: Autores (2022)

A Imagem 4, ilustra o detalhado processo de montagem dos materiais destinados à concretagem, com ênfase na armação dos ferros, crucial para a execução das estacas raiz. Nesta etapa, são posicionadas barras de aço que formarão a estrutura interna das estacas, proporcionando a resistência necessária para suportar as cargas estruturais. As barras de aço são cuidadosamente cortadas e dobradas conforme as especificações do projeto, e em seguida, dispostas de forma precisa dentro das perfurações previamente realizadas. Essa armação é amarrada com arames, assegurando que todas as peças permaneçam firmemente conectadas durante o processo de concretagem (Imagem 4).

As barras de aço prontas para a execução da fundação com estaca raiz estão cuidadosamente organizadas no canteiro de obras (Imagem 4). Estas barras, também conhecidas como armaduras, são essenciais para reforçar o concreto que será injetado durante o processo de instalação das estacas raiz. Cada barra é cortada e dobrada conforme as especificações do projeto, garantindo a integridade estrutural e a capacidade de carga necessárias. Antes da instalação, as armaduras são inspecionadas para verificar sua conformidade com os padrões de qualidade, assegurando que estejam livres de defeitos ou corrosão. Este preparo minucioso das barras é crucial para a eficácia e a durabilidade do reforço da fundação.

Imagem 4: barras prontas para execução da fundação.

Fonte: Autores (2022).

A montagem dos ferros deve seguir rigorosos padrões de qualidade e segurança, garantindo que a armação seja robusta e uniforme (Imagem 5). Além disso, a estrutura de aço precisa ser posicionada de maneira a permitir a adequada distribuição do concreto, sem criar vazios ou áreas de fraqueza. Esse trabalho meticuloso assegura que, uma vez completada a concretagem, as estacas raiz terão a integridade e a resistência necessárias para suportar o edifício universitário. A Imagem 5, portanto, não apenas documenta uma fase técnica do processo de construção, mas também destaca a importância da precisão e da expertise na montagem dos materiais para garantir a durabilidade e a segurança da fundação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado sobre a execução de reforço de fundações em um prédio universitário utilizando a técnica de estacas raiz teve como objetivo principal analisar a eficácia e a viabilidade desta técnica específica.

O estudo teórico e normativo sobre a técnica de estacas raiz, sustentado por referências como Velloso e Lopes (2012) e a NBR 6122 (2010), destacou suas vantagens significativas, como a ausência de choques e vibrações, capacidade de perfuração em diversos tipos de solo, e a utilização de equipamentos de pequeno porte. Estas características confirmaram a adequação das estacas raiz para o contexto específico de prédios universitários, onde a minimização de impactos e a flexibilidade de execução são cruciais.

A avaliação prática da execução do reforço com estacas raiz envolve um planejamento meticuloso e uma execução rigorosa. As etapas incluíram a revisão da literatura, inspeções visuais, sondagens geotécnicas e a análise de amostras de solo, seguidas pela implementação do plano de reforço. O processo executivo, conforme descrito, foi seguido com precisão, respeitando as normas técnicas e assegurando a qualidade das estacas raiz instaladas.

Os resultados obtidos demonstraram que as estacas raiz são uma solução viável e eficaz para o reforço das fundações de um prédio universitário em estudo. A técnica

permite a estabilização da estrutura, mitigando os recalques diferenciais e garantindo a segurança e longevidade do edifício. Os custos envolvidos, embora significativos, serão justificados pelos benefícios em termos de estabilidade estrutural e minimização de impactos durante a execução.

A pesquisa atingiu todos os objetivos estabelecidos, confirmando a eficácia e a viabilidade das estacas raiz para reforço de fundações em edificações universitárias. A técnica mostrou-se robusta, versátil e adaptável às condições específicas do terreno e da estrutura existente, oferecendo uma solução segura e eficiente para os desafios de engenharia civil encontrados. Este estudo contribui para a disseminação de boas práticas e conhecimentos sobre estacas raiz, incentivando sua aplicação em futuros projetos que demandem reforço de fundações em contextos similares.

REFERÊNCIAS

[1] ABNT (2010). NBR6122. Associação Brasileira de Normas Técnicas . **Projeto e execução de fundações**. Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR-6122 Rio de Janeiro, 91p.

[2] ABNT (2010). NBR6122. Associação Brasileira de Normas Técnicas . **Projeto e execução de fundações**. Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR-6122 Rio de Janeiro, 91p.

[3] AZEVEDO, T. L.; MOREIRA, G. T. P. **Análise da construção de um avião de Papel durante o verão Amazonense**. Revista Brasileira de Qualquer Coisa, v. 3, n.1, p. 23-34, 2021.

[4] BERDNARZ, L. J. et al. **Strengthening and long-term monitoring of the structure of an historical church presbytery.** Engineering Structures, v. 81, p. 62-75, 2014

[5] CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5. Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002. p. 242

[6] HACHICH, W., FALCONI, F. F., SAES, J. L., FROTA, R. G., CARVALHO, C. S., & NIYAMA, S. **Fundações: Teoria e Prática**. 2ed. São Paulo: Pini Ltda, 1998. Acesso em 27 de maio de 2024. Disponível: https://www.engesol.eng.br/index.php/nossos-servicos/55-estacas-raiz

[7] HABITAÇÃO PARA TODOS. Disponível em:<https://247arquitetura.com.br/projeto/habitacao-para-todos-cdhu-iab/>. Acesso em: 25 dez.2019.

[8] HUANG. C.; WANG. Y.; LI, X.; REN, L.; ZHAO, J.; HU, Y. **Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China**. Lancet, v.34, n. 2, p. 395-497, 2020.

[9] HAVINGA, L.; COLENBRANDER, B.; SCHELLEN, H. H**eritage significance and the identification of attributes to preserve in a sustainable refurbishment. Journal of Cultural Heritage,** 2019.

[10] KRÜGER, E.L. & LAMBERTS, R. **Avaliação do desempenho térmico de casas populares**. In: Anais do VIII **Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído:** Modernidade e Sustentabilidade. Proceedings. UFBA. Salvador, 2000. p.1T10.

[11] LAVÍN, J. R. S.; SÁNCHEZ, F. E.; SERNA, A. M. **Chemical injections realized with null pressure for underpinning the foundation of an 18th Century building located in the historical city of Cuenca (Spain).** Applied Sciences, v. 8, n. 7, 2018.

[12] LUCIANI, A.; DEL CURTO, D. **Towards a resilient perspective in building conservation. Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development**, v. 8 n. 3, p. 309-320, 2018.

[13] MEIRINHOS, M. O. A. **O estudo de caso como estratégia de investigação em educação.** EDUSER: revista de educação, Vol 2(2), 2010.

[14] MELLO, G. N. A., BREMER, C. F.; JÚNIOR; H. G. S. **Utilização de Estaca Raiz para Reforço de Fundação de Edificação Histórica:** Estudo de Caso. 2020

[15] MELO, V. M. C. **Reforço de Fundação em Estaca Raiz: Estudo de Caso.** 20217

[16] MAYORGA, E. R. et al. **The repair of the structure of Santiago's Church (Jerez de la Frontera, Spain) using grout-injection. International Journal of Architectural Heritage,** v. 13, n. 8, p. 1234-1251, 2019.

[17] Maestrovirtuale. acesso: em 20 de maio de2024. Disponivel em: https://maestrovirtuale.com/conhecimento-objetivo-caracteristicas-e-conceitos/

[18] PAPADOPOULOS, K.; VAYAS, I. **Restoration and strengthening techniques for Ancient-Greek monuments. International Journal of Architectural Heritage**, v. 13, n. 1, p. 33-46, 2019.

[19] SONDA, D. et al. **The restoration and seismic strengthening of the earthquake-damaged UNESCO heritage palace in Kathmandu. International Journal of Architectural Heritage**, v. 13, n. 1, p. 153–171, 2019.

[20] SOUZA, L. A. P. de. **O que você precisa saber sobre o controle**. Belo Horizonte: Santa Bárbara Engenharia, 1987. 44 p.

[21] VAGHETTI, M. A. O.; SANTOS. J. C. P.; CARISSIMI. E. **Casa Popular Eficiente:** Uma proposta de moradia de baixo custo e sustentável. Euro-ELECS 2015 - Proceedings Vol 3

[22] VELLOSO, D. d., & LOPES, F. d**. Fundações**. Vol 1. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2012.

[23] ZHANG, Y.; DONG, W. **Determining minimum intervention in the preservation of heritage buildings. International Journal of Architectural Heritage**. 2019. p. 1-15.

Capítulo 6

Projeto de sistema fotovoltaico isolado off grid em Unidade Básica de Saúde (UBSI) na aldeia indígena São Joaquim

Elielton Conrado Medeiros
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: No Brasil a diversidade energética é uma característica séria em termos de conservação do meio ambiente e de uso da utilização de energias não renováveis e com isso a apreensão do Brasil em matizar a matriz energética, observando como principal composição de geração de energia elétrica. A utilização de sistemas fotovoltaicos é de grande incidência e de grande potencial no país, que é considerado um território que possui abundância em radiação solar. Desta forma, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um projeto de um sistema de geração de energia solar fotovoltaico *off-grid* para unidade básica de saúde indígena (UBSI) para aldeia São Joaquim, município de Japurá-AM. Para isso foi feito cálculos de dimensionamento e escolha dos equipamentos do sistema fotovoltaico Off-grid. Por fim, foi concluído que o trabalho em questão obteve resultados positivos esperados com base fornecer energia a uma unidade de saúde em áreas sem acesso à rede elétrica, como a comunidade da aldeia de São Joaquim.

Palavras-chave: Sistemas fotovoltaicos Off-Grid, Energia sustentável, Comunidades isoladas.

1. INTRODUÇÃO

O consumo excessivo dos recursos naturais pelo ser humano tem contribuído significativamente para o agravamento das mudanças climáticas e para o aumento do aquecimento global. Diante desse cenário, a adoção de inovações sustentáveis surge como alternativa essencial para mitigar a poluição ambiental e reduzir a emissão de gases de efeito estufa. Tecnologias limpas, como a energia solar, têm se consolidado como ferramentas estratégicas para promover o desenvolvimento sustentável, diversificar a matriz energética nacional e minimizar os impactos ambientais negativos (OLIVEIRA e RAMOS, 2021; DUAIK et al., 2020).

A utilização da energia solar em diferentes contextos — residências, universidades, hospitais e prédios comerciais — tornou-se uma realidade no Brasil. Essa fonte de energia limpa vem se destacando como uma alternativa viável de expansão e fortalecimento da matriz energética do país, contribuindo para o aumento da autossuficiência energética e a redução da dependência de fontes fósseis (SANTOS e JABBOUR, 2013).

No setor da saúde, caracterizado por sua complexidade e funcionamento ininterrupto, a demanda energética é constante. Esse ambiente abrange diversas atividades e serviços, como escritórios, laboratórios, emergências, lavanderias, cozinhas, sistemas de manutenção e, claro, o atendimento a pacientes, envolvendo também profissionais da saúde, visitantes e a gestão institucional (PÉREZ, 2015).

Os sistemas fotovoltaicos, compostos por diversos equipamentos e componentes integrados, têm a capacidade de converter a radiação solar em energia elétrica, funcionando como geradores capazes de suprir cargas elétricas com eficiência (SANTANA, 2020). Segundo Villalva (2012), a energia solar é uma das fontes mais promissoras do mundo, especialmente em regiões com alta incidência de luz solar. Nesses sistemas, a energia gerada pode ser processada por controladores e inversores, sendo armazenada em baterias no caso dos sistemas off-grid.

Em Tolmasquim (2023), o autor define os sistemas off-grid como aqueles que operam de forma isolada, sem conexão com a rede elétrica convencional. Eles funcionam de maneira autônoma e são ideais para regiões remotas, onde o acesso à energia é limitado ou inexistente.

Diante disso, a instalação de sistemas fotovoltaicos em comunidades isoladas revela-se uma solução eficaz para garantir o fornecimento de energia elétrica sustentável. Neste contexto, o presente estudo propõe a implementação de um sistema fotovoltaico off-grid para suprir a demanda energética de uma Unidade Básica de Saúde (UBS) localizada na aldeia São Joaquim, no município de Japurá-AM.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso realizado na aldeia São Joaquim. A pesquisa utilizará uma abordagem quantitativa, sem deixar de considerar também aspectos qualitativos relevantes para a análise das informações e a elaboração do estudo. Além disso, serão especificados os materiais e equipamentos utilizados, com o intuito de complementar os dados do projeto e orientar a execução dos serviços relacionados à instalação elétrica na Unidade Básica de Saúde Indígena da aldeia São Joaquim, localizada no município de Japurá-AM. Na Imagem 1 é possível visualizar a

planta baixa e a localização da Unidade Básica de Saúde Indígena que será objeto de estudo deste trabalho.

As seções seguintes têm como objetivo apresentar a especificação dos materiais e equipamentos, complementar as informações contidas nas instalações elétricas da aldeia São Joaquim. A Localização da aldeia pode ser verificada na Imagem 1.

Imagem 1: a) Planta baixa da UBSI; b) Local instalação; c) Localização da aldeia São Joaquim

Fonte: Autores, Googlemaps (2024)

3. MATERIAL

3.1. QUADRO DE ENERGIA

O quadro de energia deve ser confeccionado em chapa de aço galvanizado, embutido na parede, e possuir barramento monofásico tipo pente encapsulado. Deve contar com barramentos de neutro e terra com conectores adequados para cabos de até 16 mm^2, corrente nominal de 63 A e espaço suficiente para a instalação de até 12 disjuntores e 24 componentes internos do tipo DIN. Esses elementos são essenciais para garantir a distribuição segura e eficiente da energia elétrica aos circuitos da Unidade Básica de Saúde Indígena.

3.2. MINIDISJUNTORES (COMPONENTES INTERNOS)

Todos os disjuntores de distribuição deverão ser, obrigatoriamente, do tipo DIN, conforme especificado no projeto. A fixação será por engate rápido, e a capacidade nominal será compatível com as cargas elétricas dimensionadas para cada circuito.

3.3. CONDUTORES

Serão utilizados dois tipos de cabos:

- Cabos CC: Cabos fotovoltaicos em cobre estanhado flexível, com isolamento para 1,8 kV em corrente contínua (CC), específicos para conexões entre painéis solares.
- Cabos CA: Condutores de cobre sem blindagem, classe 5, 0,6/1 kV, com isolamento em PVC, comumente utilizados para a condução de energia em sistemas de corrente alternada (CA).

Esses condutores são essenciais para garantir o desempenho e a segurança do sistema solar fotovoltaico.

3.4. COMPONENTES INTERNOS

Os componentes internos incluem disjuntores de corrente contínua (CC) destinados à proteção do sistema fotovoltaico. Esses disjuntores deverão ser obrigatoriamente bipolares, do tipo DIN, e com capacidades nominais conforme indicado no projeto.

Será também utilizado um dispositivo de proteção contra surtos (DPS), com tecnologia baseada em varistores de óxido metálico (MOV) de baixa energia. Esses dispositivos são projetados para proteger tanto os painéis solares quanto o inversor contra surtos de tensão provocados por descargas atmosféricas, garantindo maior segurança e durabilidade do sistema.

3.5. PROJETO DE ATERRAMENTO

O projeto de aterramento foi desenvolvido com base nas diretrizes da norma ABNT NBR 5419:2015. A Imagem 2 apresenta mostra a malha de aterramento responsável pela proteção dos circuitos da Unidade Básica de Saúde Indígena (UBSI).

Esse sistema é fundamental para a segurança dos equipamentos e das pessoas, pois uma malha de aterramento bem projetada direciona com precisão as correntes de surto provenientes de descargas atmosféricas, reduzindo riscos e prevenindo danos aos sistemas elétricos.

Imagem 2: malha de aterramento de proteção dos circuitos da UBSI

Fonte: Autores (2024).

3.6. SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

O arranjo a ser utilizado consiste em um condutor em anel, externo a estrutura a ser protegida, em contato com o solo a uma profundidade mínima de 50 cm e ficar posicionado à distância aproximada de 1M das paredes externas. Os condutores de aterramento deverão ser em cobre Nu com seção mínima #50mm. As conexões no aterramento poderão ser feitas através de solda exotérmica, alicate hidráulico e conector a compressão (este é necessário a instalação de caixa de inspeção).

4. MÉTODOS

4.1. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA SOLAR OFF-GRID

O dimensionamento do sistema solar off-grid exige o levantamento detalhado de todos os equipamentos que serão alimentados por energia solar, incluindo suas respectivas potências (em watts). Para cada equipamento, é estimado o tempo médio diário de uso. Em seguida, multiplica-se a potência de cada aparelho pelo tempo de uso estimado (em horas), obtendo-se assim o consumo diário individual em Wh/dia. A soma dos consumos individuais fornece o consumo total diário do sistema.

Esse cálculo foi realizado utilizando o software Excel, que possibilitou a organização eficiente dos dados e a execução dos cálculos matemáticos necessários. A partir dessas informações, foi possível determinar tanto a carga total instalada quanto o consumo diário de energia.

Na Tabela 1, estão listados os dados utilizados para o dimensionamento: a relação dos equipamentos, a quantidade de cada aparelho, potência unitária, tensão de operação, potência total, tempo de uso diário e o consumo total de energia por dia. Com base nesses dados, obteve-se uma potência total instalada de 1.294 W e um consumo total diário de energia de 16.322 Wh/dia**.**

Tabela 1: Lista dos equipamentos de consumo de energia do sistema solar.

Aparelho	Quant.	Potência unit (w)	Voltagem (v)	Potência total (w)	Horas de uso por dia	Energia total consumida por dia (wh/dia)
Geladeira	1	250	127V	250	24	6.000
Ventilador	1	140	127V	140	12	3.360
Microscópio eletrico	1	3	127V	3	8	24
Notebook	1	60	127V	60	8	480
Computador de mesa	1	60	127V	60	8	480
Impressora	1	50	127V	50	8	400
Retroprojetor	1	200	127V	200	2	400
Foco gineológico	1	90	127V	90	3	270
Carregador de celular	3	7	127V	21	8	168
Nebulizador	1	70	127V	70	6	420
TV mais receptor	1	200	127V	200	12	2.400
Lâmpada led	10	15	127V	150	24	7.560
TOTAL				1294		16.322

Fonte: Autores (2024).

4.2. SISTEMA FOTOVOLTAICO

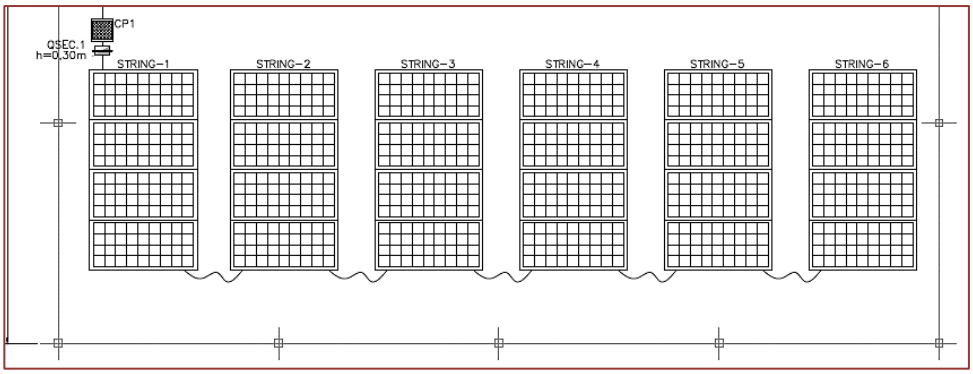
O fornecimento de energia será realizado por meio de painéis fotovoltaicos, utilizando um sistema isolado do tipo *off-grid*, ou seja, desconectado da rede elétrica da concessionária local. O dimensionamento da potência dos equipamentos foi baseado na Equação 1:

Potência (W) × Tempo de uso diário (h) = Consumo diário (Wh/dia) Eq. (1)

Serão utilizados painéis fotovoltaicos com potência nominal de 330 Wp, apresentando as seguintes características técnicas: tensão de circuito aberto: 37,2 V; corrente de curto-circuito: 8,88 A; tensão máxima de operação: 45,6 V; corrente máxima de operação: 9,45 A; coeficiente de temperatura de potência: –0,41%/°C

A instalação será composta por 6 *strings*, sendo que cada *string* contará com 4 painéis conectados em série. Posteriormente, as 6 *strings* serão interligadas em paralelo, conforme ilustrado na Imagem 3.

Imagem 3: Arranjos fotovoltaicos



Fonte: Autores (2024)

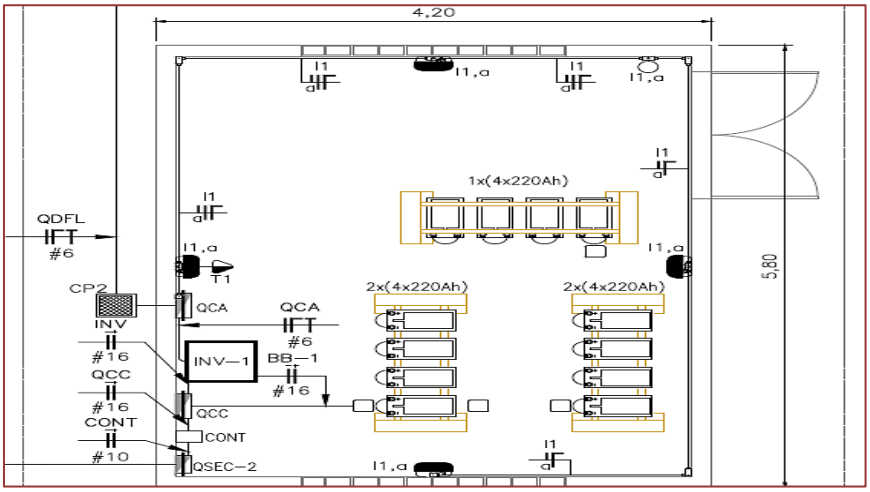
5. RESULTADOS

Após a realização de todos os levantamentos, medições e análises iniciais, deu-se início à fase de cálculos e à execução da instalação do sistema fotovoltaico na Unidade Básica de Saúde Indígena, localizada na aldeia São Joaquim. Com base nos dados coletados, iniciou-se a instalação dos componentes do sistema off-grid, reforçando a análise técnica dos materiais e a verificação dos cálculos previamente realizados**.**

Foi instalado um nversor híbrido com potência nominal de 3000 W**,** responsável por converter a energia em corrente contínua (gerada pelos painéis fotovoltaicos e armazenada nas baterias) em corrente alternada, tornando-a adequada para o uso nos equipamentos da unidade de saúde.

O banco de baterias instalado é composto por 12 unidades, cada uma com tensão de 12 V**,** capacidade de 240 Ah **e** energia de 2.880 Wh. As baterias foram conectadas em série-paralelo, resultando em uma capacidade total equivalente a 2.880 Ah**,** conforme demonstrado na Imagem 4. Esse arranjo foi projetado para garantir o fornecimento de energia por, aproximadamente, um dia completo, mesmo em condições de baixa geração solar, assegurando a continuidade do funcionamento dos sistemas elétricos essenciais da unidade.

Imagem 4: Bancos de baterias



Fonte: Autores (2024)

Conforme descrito nos materiais e métodos, foi possível calcular o consumo diário em Wh/dia, o que permitiu dimensionar a potência necessária para o inversor. Para isso, utilizou-se dois fatores de dimensionamento: o fator de menor potência (0,7) e o de maior potência (0,5). Dividindo a potência total dos equipamentos (1294 W) por esses fatores, obtiveram-se os seguintes valores:

1294 ÷ 0,7 = 1848,57 W

1294 ÷ 0,5 = 2588,00 W

A média dessas duas potências foi calculada somando os valores e dividindo o resultado por 2: (1848,57 + 2588,00) ÷ 2 = 2218,29 W

Com base nesse valor médio de potência, e considerando que a demanda diária de energia é de 16.322 Wh/dia (valor superior a 2500 Wh/dia), optou-se por dimensionar o sistema para operar em 48 volts. Essa escolha visa garantir maior eficiência e segurança no fornecimento de energia, especialmente em sistemas *off-grid*. A Tabela 2 apresenta os dados detalhados do dimensionamento do inversor escolhido.

O inversor selecionado foi o da marca Growatt, modelo SPF3000TL LVM-48P, com potência nominal de 3000 W, tensão de entrada de 48 V e tensão de saída de 127 V. O inversor possui forma de onda senoidal pura, o que garante uma corrente elétrica estável, com baixa distorção harmônica e compatível com equipamentos sensíveis. Sua eficiência mínima é de 90%, assegurando boa conversão de energia. Além disso, sua corrente máxima de carregamento é de 80 amperes, o que o torna adequado para o banco de baterias dimensionado no projeto.

Tabela 2: Detalhamento do dimensionamento

Voltagem Entrada	48volt
Voltagem Saída	127volt
Tipo de Onda	Senoidal
Inversor escolhido	
Marca	Growatt
Modelo	SPF3000TL LVM-48P
Potência	SPF3000TL LVM-48P
Voltagem Entrada	HÍBRIDO 3000W
Voltagem Saída	48volt
Tipo de Onda	Senoidal
Eficiência Mínima	90%
Corrente máxima de carregamento	80 amperes
Quantidade Inversores	01

Fonte: Autores (2024)

5.1. DIMENSIONAMENTO DO BANCO DE BATERIAS

O dimensionamento do banco de baterias foi realizado com base no valor da energia a ser armazenada, considerando a demanda energética dos consumidores e a profundidade de descarga das baterias. O cálculo da demanda de energia foi feito multiplicando-se o consumo diário total em Wh/dia pela eficiência mínima do inversor. Assim:

$$16.322 \times 100 \div 90 = 18.135{,}56 \text{ Wh}$$

Esse valor representa a demanda total de energia, já ajustada considerando a eficiência mínima de 90% do inversor.

5.2. CÁLCULO DA ENERGIA REAL

A energia real corresponde à quantidade efetiva de energia que o sistema solar precisa gerar ou consumir. Para obtê-la, divide-se a energia de demanda pelo rendimento global (R), que neste projeto foi considerado como 0,90. Portanto:

$$18.135{,}56 \div 0{,}90 = 20.150{,}62 \text{ Wh/dia}$$

Esse valor representa a energia real necessária para garantir o funcionamento adequado do sistema, considerando as perdas naturais do processo de conversão e armazenamento.

5.3. DADOS DA BATERIA

A Tabela 3 apresenta as especificações técnicas da bateria utilizada no projeto. Entre os parâmetros avaliados, destacam-se:

- Autonomia (N)**:** representa o tempo que a bateria pode fornecer energia antes de precisar ser recarregada. No caso deste projeto, foi considerada uma autonomia de um dia.
- Porcentagem de descarga diária**:** indica a fração da capacidade total da bateria que é utilizada diariamente. Foi adotado um valor de 20%, ou seja, sob condições normais de uso, a bateria descarrega 20% de sua capacidade a cada dia.

- Profundidade de descarga (DoD)**:** refere-se à parte da capacidade total da bateria que pode ser utilizada em cada ciclo. No projeto, foi adotada uma profundidade de descarga de 80% (ou 0,8), o que significa que a bateria pode ser descarregada até 80% de sua capacidade antes de ser recarregada.
- Tensão da bateria**:** a tensão nominal da bateria utilizada é de 12 volts. Esse valor é fundamental para o cálculo da energia armazenada e para o correto dimensionamento do banco de baterias.

Esses dados são essenciais para garantir o desempenho, a durabilidade e a eficiência do sistema, especialmente em aplicações de geração solar e armazenamento de energia em áreas isoladas.

Tabela 3: Dados da bateria

Descrição	
Autonomia (N)	01 dia
% de descarga/dia 20%	20%
Profundidade da descarga 0,8	0,8
Tensão da bateria 12 volt	12 volt

Fonte: Autores (2024).

5.4. CAPACIDADE ÚTIL DO BANCO DE BATERIAS

A capacidade útil do banco de baterias representa a quantidade de energia disponível para uso antes que seja necessário recarregá-lo. No sistema proposto, esse valor é calculado considerando a energia real do sistema solar, a autonomia desejada e a tensão de entrada do inversor.

O cálculo é feito multiplicando-se a energia real diária pela autonomia (em dias) e dividindo o resultado pela voltagem de entrada do inversor:

20.152,62 Wh/dia × 1 ÷ 48 V = 419,80 Ah

Assim, a capacidade útil do banco de baterias é de 419,80 Ah. Esse valor indica quanta energia pode ser fornecida em um dia, mantendo o funcionamento do sistema sem recarga, com base na tensão de 48 volts.

5.5. CAPACIDADE REAL DO BANCO DE BATERIAS

A capacidade real do banco de baterias refere-se ao total de energia que pode ser armazenado no sistema, considerando a profundidade de descarga adotada. Esse parâmetro é fundamental para garantir que o banco de baterias possa suprir a demanda com segurança, sem comprometer sua vida útil. A capacidade real é calculada dividindo a capacidade útil pela profundidade de descarga:

419,80 Ah ÷ 0,8 = 524,76 Ah

Portanto, o banco de baterias precisa ter uma capacidade real de 524,76 Ah para garantir a operação do sistema com uma profundidade de descarga de 80%. Esse valor assegura que a energia armazenada seja suficiente para atender à demanda sem causar desgaste excessivo nas baterias.

5.6. ESCOLHA DA BATERIA COMPATÍVEL COM A CARGA REAL

Para atender à necessidade do sistema, foi selecionada a bateria Freedom, modelo DF4100, que apresenta uma capacidade de 240 Ah. Essa especificação indica que cada unidade pode fornecer 240 Ah antes de precisar ser recarregada.

A bateria também possui tensão nominal de 12 volts, o que a torna adequada para sistemas de energia solar off-grid, sendo compatível com a configuração série-paralelo utilizada no projeto. Essa combinação permite alcançar tanto a voltagem quanto a capacidade total necessárias para atender à carga do sistema de forma segura e eficiente.

A bateria organizada por dentro das características gerais e capacidades de acordo com a Anatel, a linha de bateria da marca *Freedom* possui diversos destaques que trazem ao usuário segurança, confiabilidade e qualidade no sistema de energia solar. Confeccionada especialmente para sistemas que necessitam de uma quantidade constante de corrente por longos períodos, sendo assim, de uma ótima escolha para o projeto.

Tabela 4: Descrição da bateria *Freedom*

Especificações técnica da bateria	
Marca	FREEDOM
Modelo	DF4100
Amperagem	240Ah
Tensão	12V

Fonte: Neosolar (2024)

5.7. CÁLCULO DE BATERIAS EM SÉRIE

O cálculo de baterias em série é realizado para atender à tensão exigida pelo inversor. Quando baterias são ligadas em série, suas tensões se somam, enquanto a corrente permanece constante. Como o inversor utilizado requer uma tensão de entrada de 48 volts e cada bateria possui 12 volts, é necessário conectar 4 baterias em série para atingir essa tensão. O número de baterias em série é determinado dividindo-se a tensão de entrada do inversor pela tensão de cada bateria: 48 V ÷ 12 V = 4 baterias em série.

5.8. CÁLCULO DE BATERIAS EM PARALELO

O cálculo de baterias em paralelo é feito para atingir a capacidade de carga total do banco de baterias, mantendo a tensão constante. Nesse tipo de ligação, as correntes das baterias se somam. Para determinar a quantidade de conjuntos de baterias em paralelo, divide-se a capacidade real necessária do banco de baterias pela capacidade de uma única bateria:

NBP = CBANCO ÷ CBAT

NBP = 524,76 Ah ÷ 240 Ah = 2,19

Onde: NBP é o número de bancos de baterias em paralelo, CBANCO é a capacidade total do banco de baterias, CBAT é a capacidade de uma bateria. Com esse valor, e considerando o arranjo série-paralelo, o sistema utilizará um total de 12 baterias (4 em série e 3 conjuntos em paralelo, arredondando para cima para atender à demanda com margem de segurança).

5.9. DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, foi escolhido um painel com potência nominal de 330 Wp. Os principais parâmetros elétricos do módulo são: tensão de circuito aberto (Voc) de 37,2 V, corrente de curto-circuito (Isc) de 8,88 A, tensão de operação (Vmp) de 45,6 V e corrente de operação (Imp) de 9,45 A. A eficiência do módulo está listada em -0,41%.\

Essas informações são essenciais para garantir um dimensionamento correto do sistema, permitindo uma operação eficiente e segura. Com base nesses dados, os projetistas conseguem dimensionar corretamente os demais componentes, como inversores, controladores de carga e cabos, assegurando uma integração eficaz entre os painéis e o sistema elétrico da instalação. A Tabela 5 apresenta as características dos painéis utilizados, auxiliando no planejamento técnico do sistema.

Tabela 5: Dimensionamento do painel fotovoltaico.

Dados elétricos do painel	
Potência nominal	330 Wp
Tensão de circuito aberto (Voc)	37,2 V
Corrente de curto-circuito (Isc)	8,88 A
Tensão máxima (Vmp)	45,6 V
Corrente máxima (Imp)	9,45 A
Eficiência do módulo (%)	-0,41

Fonte: Autores (2024)

Cálculo da energia a ser fornecida pelo painel

Para determinar a energia que o painel precisa fornecer, é necessário mensurar a quantidade de energia requerida para atender à carga real. Assim, a energia a ser gerada pelos painéis fotovoltaicos é de 20.151 Wh/dia.

5.10. CÁLCULO DA CORRENTE (IP) DO PAINEL

Para estimar a corrente do painel, divide-se a energia real do sistema pela voltagem de entrada do inversor. Considerando que a carga real do sistema é de 20.151 Wh e a voltagem do inversor é 48 volts, a corrente do painel é calculada da seguinte forma:

20.151 Wh/dia ÷ 48 V = 419,80 Ah/dia

5.11. CÁLCULO DA PERDA DE CAPACIDADE POR TEMPERATURA

A perda de eficiência do painel solar devido à temperatura é de 13,4%, ou seja, o sistema terá uma redução na eficiência de 13,4% em função do aumento da temperatura. O cálculo é feito pela fórmula:

L°C = Tm × Fc

onde: Temperatura média do local (Tm) = 34 °C; Fator de correção (Fc) = -0,41%/°C; Resultado: L°C = 13,4%

5.12. CÁLCULO DOS MÓDULOS EM SÉRIE

Para calcular a quantidade de módulos em série, divide-se a voltagem de entrada do inversor pela tensão máxima do painel fotovoltaico. Como o resultado pode não ser um número inteiro, arredonda-se para o número inteiro mais próximo:

48 V ÷ 37,2 V = 1,29 → arredondado para 1 módulo em série

5.13. CÁLCULO DO RENDIMENTO MÉDIO DO PAINEL

O rendimento médio do painel é calculado subtraindo-se a perda por temperatura de 100%. Em termos decimais, temos:

Rm = (100 - L°C) ÷ 100

Rm = (100 - 13,4) ÷ 100 = 0,866

5.14. CÁLCULO DOS MÓDULOS EM PARALELO

Utilizando a irradiação do pior mês para o local, que é de 3,96 horas de sol pico (HSP), calcula-se a corrente total dos módulos fotovoltaicos com a fórmula:

Corrente total = Corrente do painel × rendimento médio × irradiação do pior mês

Corrente total = 8,88 A × 0,866 × 3,96 HSP ≈ 30,47 A

Com base na corrente diária calculada (419,80 Ah/dia), divide-se pela corrente total gerada para obter a quantidade de módulos em paralelo necessários:

419,80 Ah ÷ 30,47 A ≈ 13,78, arredondando para 14 módulos em paralelo.

Este cálculo permite dimensionar a quantidade de módulos fotovoltaicos ligados em paralelo para garantir uma corrente elétrica adequada para o funcionamento do sistema, considerando a eficiência do painel e as condições de irradiação solar no pior mês do ano.

5.15. QUANTIDADE DE MÓDULOS SOLARES DO SISTEMA

Com base nos cálculos de módulos em série e paralelo e na eficiência energética, foi dimensionada a instalação de 24 módulos fotovoltaicos de 330 Wp para o sistema. A quantidade de módulos é um parâmetro fundamental, pois define a capacidade total de geração de energia do sistema, responsável por transformar a irradiação solar em eletricidade.

De acordo com o projeto, todos os resultados necessários foram obtidos para a execução do sistema, respeitando as normas técnicas vigentes e cumprindo o objetivo principal de fornecer energia elétrica à Unidade Básica de Saúde Indígena (UBSI).

Na fase inicial da instalação, após a aquisição dos materiais como o banco de baterias e os painéis solares, foi definido um local externo para a instalação dos módulos fotovoltaicos. O local escolhido, ao lado da unidade, apresenta boa incidência de raios solares, fundamental para garantir a produção adequada de energia.

As Imagens 6a e 6b mostram o banco de baterias do sistema solar, conectadas em série e paralelo conforme o dimensionamento da carga, assim como os painéis instalados

em série e paralelo no local adequado para captar a irradiação solar, convertê-la em eletricidade e fornecer energia para o sistema.

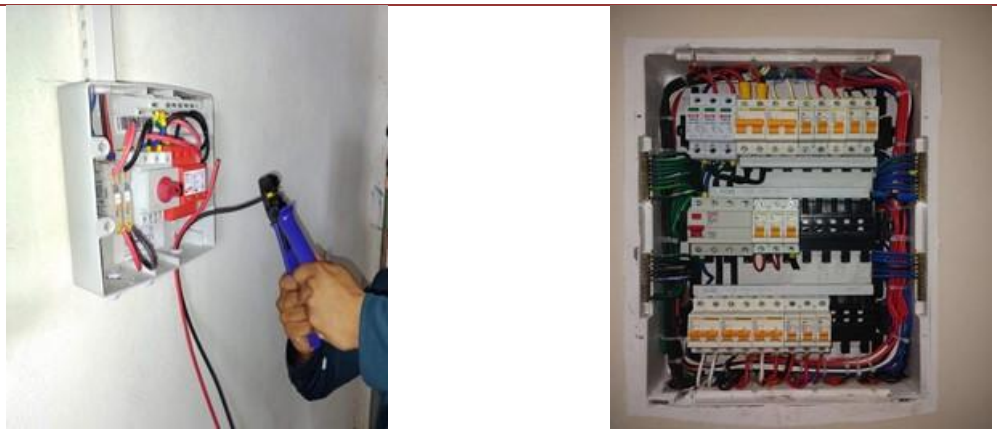
Imagem 6: a) Banco de Baterias; b) Painéis fotovoltaicos instalado na parte externa

(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

O próximo passo foi as instalações do quadro de proteção dos painéis fotovoltaico *String Box*, componente de proteção da energia contínua do sistema fotovoltaico, pois é ela a responsável para receber os cabos elétricos ligados nos painéis fotovoltaicos, é uma proteção elétrica com disjuntores e fusíveis para obter uma proteção eficiente do sistema, e o quadro elétrico de distribuição dos circuitos instalado com toda a medidas de proteções como DPS e disjuntores para diferentes circuitos que alimentam os pontos de uso, como circuito de tomada, iluminação, e outros equipamentos como mostra a Imagem 7a e 7b.

Imagem 7: a) Instalação do quadro de proteção dos painéis fotovoltaico String Box; b) Quadro elétrico de distribuição dos circuitos.



(a) (b)

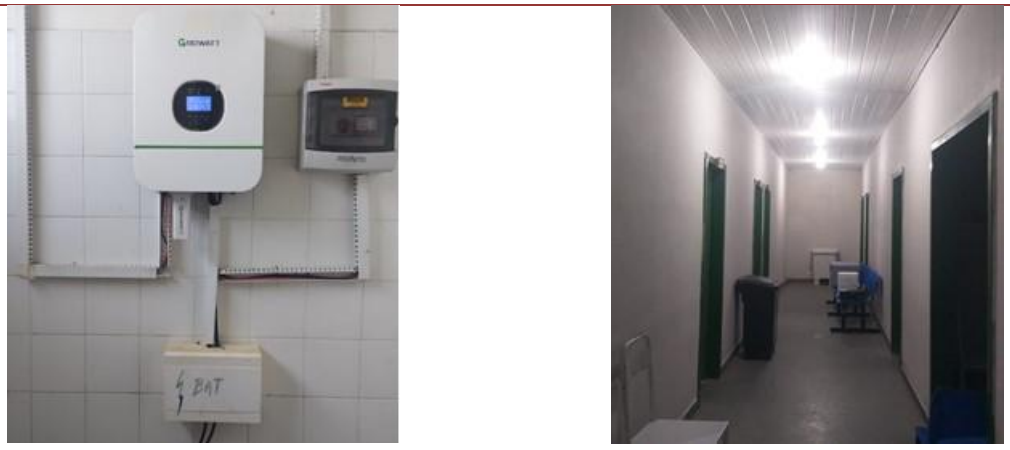
Fonte: Autores (2024)

A parte técnica do projeto teve como objetivo principal a instalação e o acionamento do sistema solar fotovoltaico, além da execução da instalação elétrica para energização. O conjunto, composto pelo inversor acoplado ao controlador de carga e os quadros de distribuição, foi instalado em uma sala sem circulação de pessoas.

Dessa forma, foi possível analisar os dados e resultados alcançados neste estudo. O trabalho teve como função verificar elementos que comprovam que os objetivos gerais e específicos foram atingidos, além de agregar contribuições para o desenvolvimento de projetos que utilizam energia renovável. A execução de projetos com equipamentos que potencializam a geração de energia reforça dados de pesquisas que indicam o potencial da energia solar em áreas remotas. É importante destacar que o desenvolvimento desses projetos em comunidades isoladas apresenta desafios, especialmente relacionados à monitorização dos insumos e à necessidade de visitas regulares, que exigem planejamento prévio de deslocamentos.

Além da conexão dos componentes do sistema solar, também foi realizada a instalação elétrica das tomadas e lâmpadas nos diferentes setores. Com todas as instalações concluídas, iniciou-se a reprogramação das baterias para testar seu funcionamento no armazenamento de energia. O sistema solar fotovoltaico foi acionado e permitiu a geração de energia elétrica durante o dia, enquanto houvesse radiação solar, conforme ilustrado na Imagem 8b.

Imagem 8: a) Inversor; b) Iluminação por meio do sistema fotovoltaicos *Off-Grid*



(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

Por fim, o presente estudo contribuiu para que sejam constatadas as particularidades das da assistência de saúde e da garantia de acesso à geração de energia por meios mais eficientes, limpos e seguros.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver o projeto de dimensionamento de um sistema fotovoltaico isolado, viabilizando a implementação de um sistema Off-Grid em uma Unidade Básica de Saúde Indígena (UBSI), localizada na aldeia São Joaquim, no município de Japurá, Amazonas.

A partir dos cálculos de dimensionamento do sistema isolado, foi possível realizar o levantamento das informações referentes à potência total dos equipamentos que serão utilizados na UBSI, resultando em uma carga de 1.294 W e um consumo energético diário de 16.322 Wh para o pleno funcionamento da unidade.

Com base nesses dados, foi possível conduzir as análises e interpretações necessárias para a viabilidade do sistema Off-Grid, como o dimensionamento do banco de baterias, o cálculo da energia real, a capacidade das baterias e o dimensionamento dos painéis fotovoltaicos, entre outros cálculos fundamentais para a efetiva implementação do projeto.

Este estudo teve como foco a instalação de um sistema fotovoltaico Off-Grid — não conectado à rede elétrica — para o fornecimento de energia a uma unidade de saúde indígena. Considerando que o setor da saúde é um ambiente complexo e essencial para o atendimento das comunidades locais, especialmente em áreas remotas como a aldeia São Joaquim, a proposta se mostra relevante. Além disso, o estudo evidencia a importância do uso da energia solar, tanto pelo seu impacto ambiental reduzido quanto pela sua contribuição à sustentabilidade e à diminuição dos custos com energia.

REFERÊNCIAS

[1] ABNT NBR 10899:2020 Energia solar fotovoltaica - **terminologia**.https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7933594/mod_folder/content/0/NBR10899%20-%20Terminologia.pdf?forcedownload=1

[2] ABNT NBR 16612:2017 Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kVcc entre condutores – **Requisitos de desempenho**.https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/12025/nbr16612-cabos-de-potencia-para-sistemas-fotovoltaicos-nao-halogenados-isolados-com-cobertura-para-tensao-de-ate-18-kv-cc-entre-condutores-requisitos-de-desempenho

[3] ABNT NBR 16690/2019 Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos - **Requisitos de projeto**.https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/45021/nbr16690-instalacoes-eletricas-de-arranjos-fotovoltaicos-requisitos-de-projeto

[4] ABNT NBR 5410:2004 Errata 1:2008 **Instalações elétricas de baixa tensão**.http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM249/Material%20de%20aula/NBR5410%20-%20Instala%E7%F5es%20El%E9tricas%20de%20Baixa%20Tens%E3o.pdf

[5] ABNT NBR 5419:2015 Partes 1 a 4 Errata 1:2018 **Proteção contra descargas atmosféricas.**https://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/NBR-05419-01-Prote%C3%A7%C3%A3o-de-Estruturas-Contra-Descargas-Atmosf%C3%A9ricas.pdf

[6] ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Micro e minigeração distribuída. **Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Brasília (DF),** Cadernos Temáticos, 2ª ed, 34 p. 2016. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigeracao%C3%A7%C3%A3o+Dist

[7] ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa** nº 687 de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os **Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST**. Diário Oficial da União. Brasília, março, 2016.

[8] ANEEL. Normas Técnicas Brasileiras, **Avaliação de Conformidade e Procedimentos de Conexão.** Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656877/16832773/5+-+NORMAS+T%C3%89CNICAS+BRASILEIRAS.pdf/9aeffe7c-dcbf-49c7-f5a6-6d2880d9f9fe

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16690: **Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 2019.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: **Instalações elétricas de Baixa Tensão.** Rio de Janeiro, 2004.

[11] BARROS, Ana Luiza Jucá Fontenelle et al. **Análise da importância da energia solar nas comunidades rurais: um estudo de caso.** Disponível em: http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/5144 . Acesso em: 02 mai. 2024

[12] BLUESOL **Sistemas fotovoltaicos isolados.** Disponível em: https://blog.bluesol.com.br/diferenca-sistemafotovoltaico-conectado-a-rede-e-isolados/. Acesso: 02 mai. 2024

[13] BRAGA, Renata Pereira. Energia Solar Fotovoltaica**: fundamentos e aplicações**. 2008.

[14] DANTAS, José Mascena. Sistema Fotovoltaico para Comunidades Isoladas utilizando ultracapacitores para armazenamento de energia. 2012

[15] NEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 2.750 de 06 de agosto de 2020. Homologa o resultado do Reajuste Tarifário Anual de 2020, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD referentes à Centrais Elétricas do Pará S/A. - Celpa, e dá outras providências. Pará, 2020. Disponível em: https://pa.equatorialenergia.com.br/wp-content/uploads/2020/09/Reajuste-tarif%C3%A1rio2020.pdf. Acesso em: 29 abril. 2024.

[16] OLIVEIRA, J. É. S. de; RAMOS, H. R. Análise da eficiência energética promovida pela implementação de placas solares em hospitais no contexto nacional e internacional. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades,** v. 9, n. 69, p. 144-158, 2021.

[17] PÉREZ, A. C. **Eficiência energética da envoltória de edifícios hospitalares**. 2015. 226 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015.

[18] SANTANA, L.S. 2020 Livro digital de introdução aos sistemas fotovoltaicos. **Bluesol** Energia Solar. 88p.

[19] SANTOS, J. B. dos; JABBOUR, C. J. C. Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais. **Saúde e Sociedade,** [s.l.], v. 22, n. 3, p. 972-977, set. 2013.

[20] TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. Energia renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. Rio de Janeiro: EPE, v. 1, n. 1, p. 10, 2016.

[21] VILLALVA, M. G. Energia Solar Fotovoltaica - Conceitos E Aplicações - **Sistemas Isolados E Conectados À Rede**. 2 ed. - São Paulo: Erica, 2012.

Capítulo 7

Sinalização horizontal do Pátio de Aeronaves do Aeroporto de Tabatinga/AM

Ennio Augusto Salazar de Souza
Alexandra Amaro de Lima
Raykelle Pinto da Silva

Resumo: A pista de aviação é crucial para o tráfego aéreo, especialmente por ser o ponto de conexão entre os meios de transporte aéreo e terrestre e, inversamente. No caso específico do Aeroporto Internacional de Tabatinga, sua posição estratégica no estado do Amazonas é digna de destaque, não somente por sua localização geográfica entre a cidade de Letícia, na Colômbia, e Santa Rosa, no Peru, mas também por sua importância como ponto crucial de conexão na região. O objetivo do presente trabalho é realizar uma demonstração prática da implementação da sinalização horizontal no Aeroporto de Tabatinga, garantindo sua conformidade com as exigências e padrões estabelecidos pela RBAC 154. Além disso, detalharemos minuciosamente as etapas de remoção e pintura para a modernização da sinalização no Pátio de Aeronaves, proporcionando uma visão clara do processo, com referências aos projetos disponibilizados pela Passarelli. O projeto será definido desde o início até a conclusão, documentando todas as etapas com registros fotográficos para garantir a transparência e qualidade na execução.

Palavras-chave: Aeroporto Internacional de Tabatinga; Sinalização horizontal; Pintura.

1. INTRODUÇÃO

O Aeroporto Internacional de Tabatinga, inaugurado em 30 de março de 1980, destaca-se por sua localização estratégica na tríplice fronteira entre Brasil, Colômbia e Peru, desempenhando um papel essencial como ponto de conexão regional. Essa posição geográfica confere ao aeroporto uma função relevante no apoio ao comércio, à atividade militar, ao turismo e às relações diplomáticas no contexto amazônico (MACIEL et al., 2024).

Operando voos nacionais e internacionais, o aeroporto possui uma pista com 2.150 metros de extensão, apta a receber diferentes tipos de aeronaves, viabilizando o transporte de passageiros e de cargas de forma eficiente (Tabatinga Airport, 2021). A infraestrutura aeroportuária, em especial as pistas e pátios, é determinante para a segurança e a eficiência das operações aéreas, funcionando como elo entre os modais terrestre e aéreo.

Conforme Silva et al. (2021), a estrutura física de um aeroporto é elemento-chave para assegurar o fluxo ordenado e pontual de embarques e desembarques, além de contribuir para a fluidez da logística de cargas.

Nesse contexto, a sinalização horizontal assume papel decisivo na organização do tráfego de aeronaves e veículos no pátio aeroportuário, orientando tanto pilotos quanto operadores de solo. De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2010), a sinalização deve assegurar visibilidade adequada em condições diurnas e noturnas, garantindo o direcionamento e a segurança das operações. A demarcação por meio de pinturas técnicas, associada à aplicação de microesferas de vidro para retroreflexão, conforme observado por Souza et al. (2020), amplia significativamente a visibilidade, especialmente em situações de baixa luminosidade ou clima adverso.

A modernização da sinalização horizontal do pátio de aeronaves do Aeroporto Internacional de Tabatinga foi projetada com base nas diretrizes estabelecidas pelo Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 154, da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2019), com o objetivo de elevar os padrões de segurança e promover uma operação mais coordenada entre as equipes de solo e as aeronaves. O projeto contempla o registro detalhado das etapas executivas, com documentação fotográfica, garantindo transparência e controle de qualidade durante todo o processo de implementação.

Além de atender aos requisitos técnicos e regulatórios, a iniciativa contribui para o aprimoramento das condições operacionais do aeroporto, fortalecendo sua função estratégica na malha logística da região. A adequação da sinalização horizontal representa não apenas uma melhoria técnica, mas também um investimento em segurança, eficiência e continuidade operacional, aspectos essenciais em ambientes aeroportuários inseridos em regiões de difícil acesso e grande relevância geopolítica, como a Amazônia.

A modernização da infraestrutura de sinalização reforça, ainda, o papel do Aeroporto Internacional de Tabatinga como elemento integrador no contexto regional, ampliando sua capacidade de atuação como hub logístico e impulsionando a conectividade entre diferentes modais de transporte. Tal medida favorece o desenvolvimento econômico local, estimula a integração regional e internacional e fortalece ações voltadas à sustentabilidade no território amazônico.

Conclui-se, portanto, que o projeto de modernização da sinalização horizontal do pátio de aeronaves do Aeroporto Internacional de Tabatinga representa uma ação

estratégica voltada à melhoria da segurança operacional, ao fortalecimento da infraestrutura aeroportuária e ao atendimento das crescentes demandas do transporte aéreo na região. Trata-se de uma iniciativa que consolida a importância do aeroporto como agente dinamizador do desenvolvimento socioeconômico e logístico da Amazônia brasileira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo apresentado neste artigo teve como objetivo principal a revitalização da pista de taxiamento de aeronaves no aeroporto de Tabatinga/AM. A cidade de Tabatinga está localizada a 1.106 km da capital do Amazonas, sendo esta distante geograficamente da capital, sendo por meio do modal aéreo e fluvial as formas de chegada na cidade. O meio aéreo é o mais rápido meio de chegada a cidade de Tabatinga, possuindo uma frequência diária de voos, onde circulam em torno de dois mil passageiros em um mês. A localização do aeroporto está na Figura 1.

Figura 1: Localização do Aeroporto Internacional de Tabatinga

Fonte: Google Earth (2024)

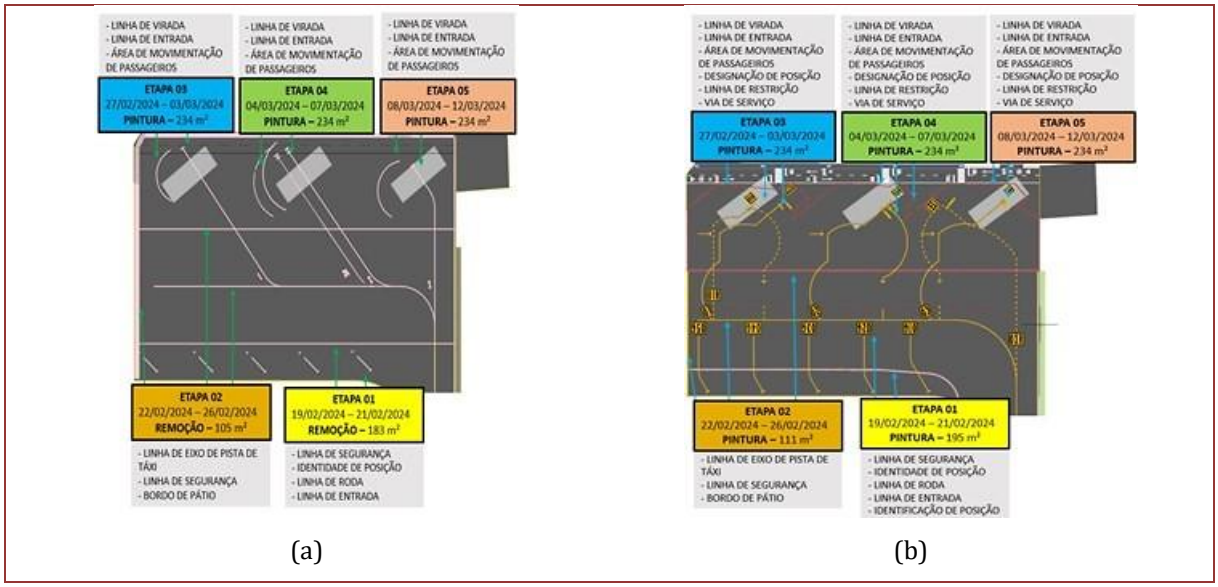
Inicialmente, foi conduzida uma análise detalhada do projeto de revitalização elaborado pela equipe de engenheiros responsáveis. Para tal, foram examinados os croquis correspondentes a cada etapa do planejamento. Essa avaliação foi complementada por uma revisão de literatura, fundamentada nas propostas de modificação previstas, além da consideração das normas técnicas vigentes aplicáveis à execução do projeto.

Com base nas informações obtidas, foram realizados levantamentos quantitativos referentes aos materiais necessários, considerando tanto a metragem quadrada das áreas previstas para remoção da sinalização existente quanto das áreas destinadas à aplicação da nova pintura. A execução das atividades foi organizada por meio de um micro faseamento, ou seja, a divisão do projeto em segmentos definidos, permitindo a distinção clara entre as etapas de trabalho, conforme os períodos de execução previamente estabelecidos.

A norma principal utilizada para o dimensionamento das pinturas foi o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 154, que estabelece parâmetros para sinalizações de posição, restrição e áreas de manobra, incluindo o dimensionamento dos números, espessura das faixas e demais elementos visuais. O micro faseamento do projeto englobou tanto a remoção da sinalização existente quanto a implementação da nova sinalização horizontal, com a demarcação precisa das datas de início e término de cada etapa.

A Figura 2a apresenta o micro faseamento relativo à remoção da pintura antiga, evidenciando a organização sequencial das áreas de intervenção. Já a Figura 2b ilustra o micro faseamento correspondente à aplicação da nova sinalização horizontal, conforme o planejamento proposto.

Figura 2: a) Pintura existente a ser removida dívida em um micro faseamento; b) Pintura nova a ser inserida seguindo um micro faseamento.



(a) (b)

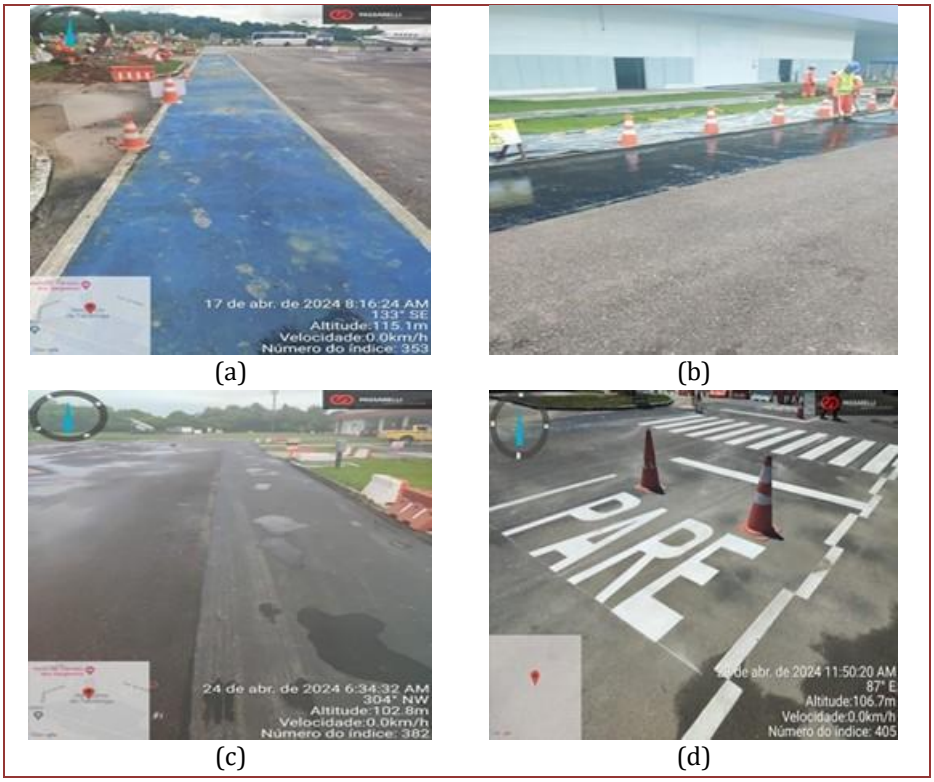
Fonte: Passarelli (2024).

A execução do processo seguiu integralmente as diretrizes estabelecidas pelas normas de regulamentação aeroportuária, respeitando todas as etapas previstas no micro faseamento elaborado pela equipe técnica da empresa Passarelli. As intervenções foram concluídas conforme os padrões exigidos, possibilitando a homologação do pátio de aeronaves do Aeroporto Internacional de Tabatinga/AM, em conformidade com o projeto previamente aprovado e com os parâmetros estabelecidos pelo Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 154, referentes ao espaçamento, espessura e distanciamento das sinalizações.

No que se refere à faixa de pedestres, a atividade foi iniciada a partir da análise da pintura anteriormente existente na área designada. A remoção da sinalização antiga foi realizada por meio de técnicas apropriadas, permitindo a preparação da superfície para a aplicação da nova pintura. A sinalização destinada ao trânsito de pedestres no pátio de aeronaves tem papel fundamental na organização e na segurança da movimentação de passageiros em direção às aeronaves.

A revitalização da faixa de pedestres, aliada à implantação da nova sinalização horizontal, contribuiu tanto para o aprimoramento estético quanto para o aumento da funcionalidade operacional do pátio. A Figura 3a ilustra o estado da pintura existente antes da remoção. As Figuras 3b e 3c documentam as etapas de retirada da pintura antiga e o respectivo processo de secagem da superfície. Por fim, a Figura 3d apresenta o resultado final da intervenção, evidenciando a nova sinalização implementada, já com as delimitações das áreas e a instalação das placas indicativas.

Figura 3: a) Avaliação inicial do trecho para remoção da pintura existente da faixa de pedestres; b) Processo de remoção da pintura existente da faixa de pedestres; c) Análise da execução da remoção para início da pintura da nova sinalização; d) Resultado da implementação da nova sinalização da faixa de pedestres.



Fonte: Passarelli (2024).

2.1. SINALIZAÇÃO HORIZONTAL DE INDICAÇÃO DE POSIÇÃO

A sinalização horizontal de indicação de posição foi inserida como parte do processo de adequação à regulamentação estabelecida pela RBAC 154, uma vez que não estava prevista no projeto anterior. Essa sinalização tem como função indicar com precisão os pontos de posicionamento das aeronaves no pátio, sendo numerados como 01, 02 e 03.

A sua implantação ocorreu nas áreas destinadas à movimentação das aeronaves, com o objetivo de orientar a correta localização das mesmas durante os procedimentos operacionais no pátio. A Figura 4a apresenta o início da pintura da área chapada na cor amarela. Após a secagem dessa etapa, foi realizada a aplicação da numeração correspondente. A Figura 4b mostra a pintura chapada já concluída, enquanto a Figura 4c

exibe a finalização da sinalização com a inserção dos números e das bordas, conforme os padrões estabelecidos pela norma vigente.

Figura 4: a) Pintura inicial da Indicação de Posição; b) Pintura do chapado Amarelo da Indicação de Posição; c) Conclusão da pintura de Indicação de Posição.

(a) (b)

(c)

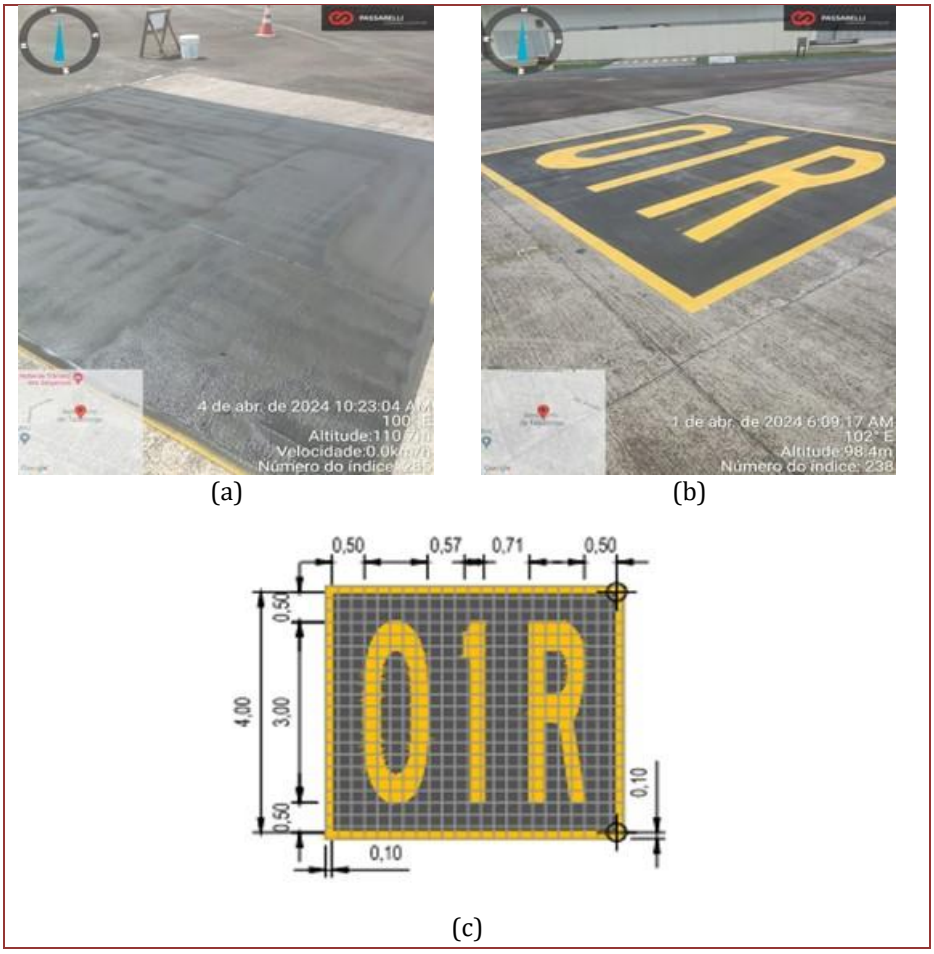
Fonte: Passarelli (2024).

2.2. SINALIZAÇÃO HORIZONTAL DE DESIGNAÇÃO DE POSIÇÃO

A sinalização horizontal de designação de posição refere-se à demarcação das áreas destinadas ao estacionamento de aeronaves, locais onde são realizados os processos de embarque e desembarque de passageiros, bem como o carregamento e descarregamento de cargas. Essa sinalização, ausente no projeto anterior, foi incorporada como parte das melhorias estruturais exigidas pelas normas técnicas.

O processo teve início com a pintura da área chapada na cor preta, como mostrado na Figura 5a, seguida pelo período de secagem necessário para garantir a aderência adequada da tinta antes da aplicação da numeração e da pintura das bordas. A Figura 5b evidencia a finalização da sinalização de designação identificada como 01R, que corresponde ao primeiro ponto de parada operacional das aeronaves. Já a Figura 5c apresenta o projeto técnico da sinalização executada, indicando as espessuras e dimensões adotadas, em conformidade com os critérios definidos pela RBAC 154.

Figura 5: a) Pintura inicial da Designação de Posição após o processo de secagem para implementação de numeração e bordas.; b) Conclusão da pintura de Designação de Posição; c) Dimensionamento do desenho em projeto designado.



(a) (b)

(c)

Fonte: Passarelli (2024).

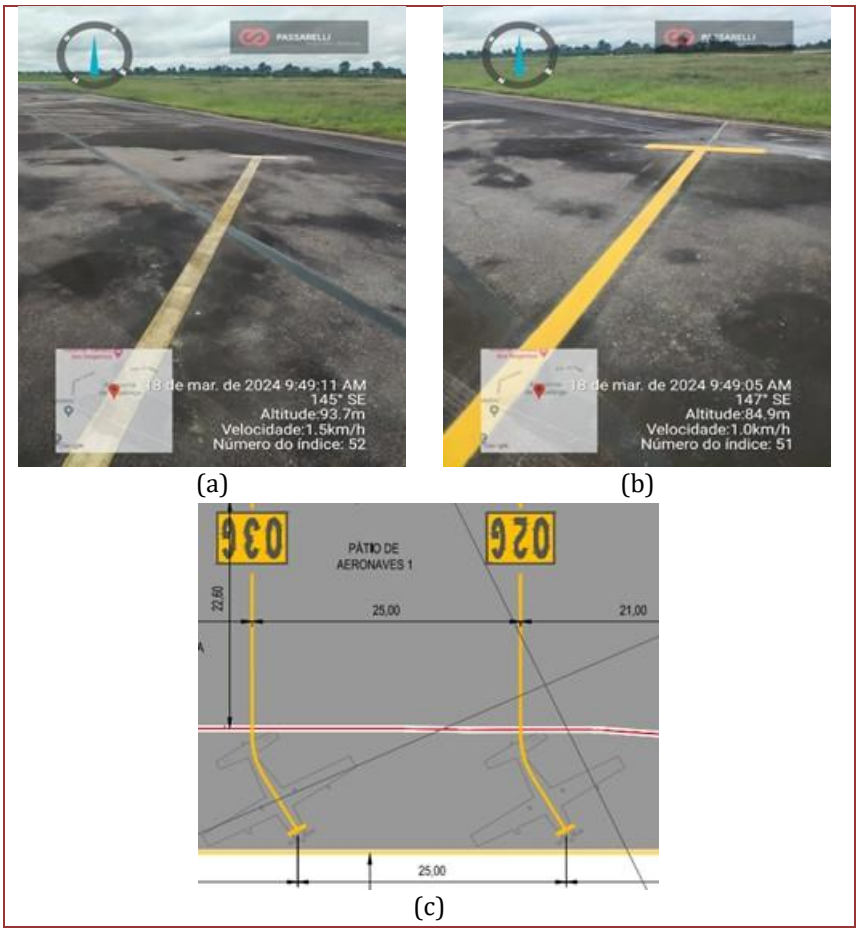
2.3. SINALIZAÇÃO HORIZONTAL DE LINHA DE RODA

A demarcação dos pontos de ancoragem e da linha de roda foi realizada em conformidade com os espaçamentos estabelecidos pela norma aeroportuária RBAC 154, visando garantir a segurança e a organização no estacionamento de aeronaves de pequeno porte.

O ponto de linha de roda corresponde ao local de parada e posicionamento dessas aeronaves, sendo utilizado em conjunto com os pontos de ancoragem que asseguram a estabilidade e a fixação da aeronave durante o tempo em solo, especialmente em condições de vento ou outras interferências externas.

Na Figura 6a é possível observar a sinalização existente da linha de roda que foi removida como parte do processo de revitalização. A Figura 6b ilustra a conclusão da nova pintura da linha de roda, que substitui a anterior, com melhorias em visibilidade e conformidade técnica. Já a Figura 6c apresenta a representação do projeto técnico da nova demarcação, contemplando toda a área destinada ao estacionamento de aeronaves de pequeno porte, com as devidas proporções e espaçamentos definidos pela regulamentação vigente.

Figura 6: a) Análise do Ponto de linha de roda existente a ser removido; b) Ponto de linha de roda novo executado e finalizado; c) Dimensionamento em projeto da sinalização de linha de roda.



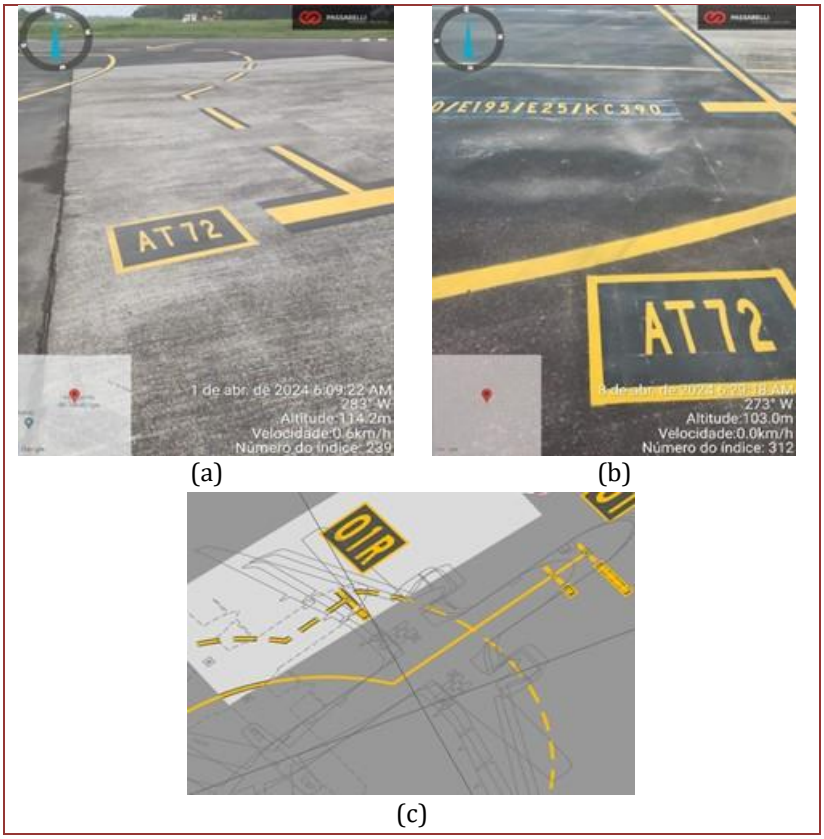
Fonte: Passarelli (2024).

2.4. SINALIZAÇÃO HORIZONTAL DE CODIFICAÇÃO DE LINHAS DE RODA

A sinalização de codificação de posição, ausente no projeto anterior, foi inserida com o objetivo de identificar os tipos de aeronaves autorizadas a estacionar nas áreas demarcadas, bem como para delimitar as zonas de movimentação e destacar a linha de restrição do pátio de aeronaves, conforme exigido pelas normas da RBAC 154.

Essa codificação tem função essencial na organização operacional do pátio, permitindo a identificação clara das posições destinadas a aeronaves específicas e garantindo a segregação adequada das áreas de tráfego. A Figura 7a apresenta a conclusão da pintura da linha de roda associada à codificação da aeronave do tipo ATR 72, com a numeração executada em contraste sobre a base de concreto chapado, acompanhada da borda de contenção. A Figura 7b exibe a implementação da pintura de identificação de aeronaves juntamente com a sinalização da linha de manobra, ambas inexistentes no projeto anterior, agora integradas ao novo padrão de sinalização. Já a Figura 7c apresenta a representação em planta do projeto, com as medidas normativas de distanciamento e comprimento devidamente especificadas para garantir conformidade com os requisitos técnicos estabelecidos.

Figura 7: a) Codificação do tipo de aeronave AT72 para modelos Turboélice ATR-72 finalizada; b) Área de manobra e placa de Codificação finalizada; c) Projeção de movimentação com pontos de demarcação de aeronaves em projeto



(a) (b)

(c)

Fonte: Passarelli (2024).

A execução do processo seguiu rigorosamente as regulamentações aeroportuárias, cumprindo todas as etapas previstas no faseamento elaborado pela equipe técnica da Passarelli. Desde o planejamento até a implementação final, cada fase foi executada com precisão e atenção aos detalhes, refletindo um elevado grau de comprometimento com os padrões de qualidade e segurança operacional exigidos.

Ao término do projeto, foi possível atingir não apenas a conformidade integral com as exigências normativas, como também superar expectativas, assegurando que todos os requisitos para a homologação do pátio de aeronaves do Aeroporto Internacional de Tabatinga fossem plenamente satisfeitos. Este resultado reafirma a competência técnica da equipe envolvida e sua capacidade de adaptação diante de desafios operacionais, em um ambiente de elevada complexidade e constante transformação.

Os resultados alcançados constituem um marco relevante tanto para a empresa executora quanto para o processo de modernização da infraestrutura aeroportuária na região. A conclusão eficaz das atividades contribui para o aprimoramento das operações do aeroporto, promovendo maior segurança nas manobras aéreas e fortalecendo a infraestrutura logística essencial ao desenvolvimento econômico e social local. O impacto positivo ultrapassa os limites da conformidade técnica, consolidando-se como evidência de um compromisso contínuo com a excelência e a superação de desafios por meio de planejamento, técnica e dedicação.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A renovação da sinalização horizontal do pátio de aeronaves no Aeroporto Internacional de Tabatinga constituiu um processo de adequação da pintura existente às normas técnicas da RBAC 154. Essa intervenção foi executada na cidade de Tabatinga, situada na tríplice fronteira entre Brasil, Colômbia e Peru, e envolveu desde a remoção da sinalização anterior até a implementação completa de uma nova pintura, em conformidade com os critérios normativos vigentes.

O processo contemplou a aplicação de sinalizações essenciais como numeração de posições, placas de codificação de aeronaves e designação de áreas de estacionamento, elementos anteriormente ausentes nos projetos da infraestrutura existente. Cada etapa do projeto enfrentou desafios operacionais, incluindo atrasos causados por falhas mecânicas e condições climáticas adversas, os quais foram superados mediante planejamento estratégico e ações corretivas oportunas, assegurando o cumprimento do cronograma estabelecido.

A finalização exitosa do projeto demonstra a eficiência e o comprometimento da equipe técnica em garantir o atendimento rigoroso às normas e a entrega de uma infraestrutura modernizada e segura. As melhorias implementadas abrangeram tanto a revitalização de elementos já existentes, como as linhas de roda destinadas ao estacionamento de aeronaves de pequeno porte, quanto a introdução de novos elementos, como as placas de designação de posição para aeronaves de maior porte. A integração desses sistemas à nova sinalização contribui significativamente para a segurança operacional e a organização do pátio de aeronaves, fortalecendo a capacidade do aeroporto em atender às crescentes demandas do transporte aéreo regional.

REFERÊNCIAS

[1] ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil RBAC, n. 153: Aeródromos - operação, manutenção e resposta à emergência. Brasília, 2019. p. 1-114.

[2] BRASIL. DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de sinalização rodoviária. 3. ed. Rio de Janeiro, 2010.

[3] CORDEIRO JUNIOR, L. G.; SANTOS, E. C. de O.; SÁ, M. S. de.; SILVA, G. V. da. Estudo de implantação de sinalização vertical de um aeroporto da Amazônia. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 10, n. 4, p. e41910414378, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i4.14378. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14378. Acesso em: 26 maio 2024.

[4] MACIEL, P. M.; RODRIGUES, M A.; RODRIGUES, E. A. Turismo na fronteira: uma análise sobre a atividade turística em Tabatinga-AM. **Marupiara | Revista Científica do CESP/UEA**, [S.l.], n. 8, p. 27-47, dez. 2021. ISSN: 2527-0753. Disponível em: https://periodicos.uea.edu.br/index.php/marupiara/article/view/2411. Acesso em: 26 maio 2024.

[5] SILVA, G. A. M.; LIMA, P. C. F. Conceito ACDM: análise da recente implantação do sistema no Aeroporto de Guarulhos. In: FATECLOG, 12., 2021, Mogi das Cruzes/SP. Anais eletrônicos [...]. Mogi das Cruzes: Fatelog, 2021. Disponível em: https://fateclog.com.br/anais/2021/anais_2021_v3.pdf. Acesso em: 26 maio 2024.

[6] SOUZA, L. E. G.; OLIVEIRA, G. F. S. Importância da sinalização horizontal viária. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, ano 05, ed. 12, v. 04, p. 24-41, dezembro de 2020. ISSN: 2448-0959. Disponível em: https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/sinalizacao-horizontal. Acesso em: 20 maio 2024.

[7] TABATINGA AIRPORT. Disponível em: https://www.tabatinga-airport.com.br/. Acesso em: 1 maio 2024.

Capítulo 8

Análise de uma fundação em concreto armado no município de Parintins - AM

Ennyo Xavier
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: O presente trabalho busca compreender a análise de uma construção em concreto armado no município de Parintins-AM. A construção em concreto armado do Instituto do Autismo de Parintins Isadora Tupinambá exigiu uma abordagem técnica fundamentada nas características únicas do solo amazônico. A análise detalhada das propriedades do solo revelou que a fundação superficial em concreto armado é a opção mais adequada, devido à sua capacidade de distribuir cargas de maneira eficiente e à resistência necessária para enfrentar as condições ambientais locais. Esse tipo de fundação é ideal para solos com profundidade de assentamento inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. A avaliação geotécnica, incluindo testes de penetração e caracterização do solo, é crucial para garantir a segurança e a durabilidade da estrutura, prevenindo problemas futuros. Métodos específicos de execução, como o uso de radier, são aplicados para adaptar as fundações às condições do solo de Parintins. A integração e a compatibilização de projetos são fundamentais para evitar retrabalhos e custos adicionais. A escolha do concreto armado justifica-se por sua resistência e durabilidade, essenciais em ambientes tropicais úmidos.

Palavras-chave: Construção, Implementação, adequação.

1. INTRODUÇÃO

A implementação de fundações em concreto armado constitui uma técnica amplamente difundida na engenharia civil, notadamente por sua capacidade de conferir estabilidade e durabilidade às estruturas (CRUZ, 2022). No entanto, a eficácia dessa abordagem está diretamente relacionada à análise minuciosa das propriedades geotécnicas do solo e à adequação das técnicas construtivas às condições locais. De acordo com Felipe (2018), o presente estudo tem como foco a aplicação de fundações em concreto armado no município de Parintins, localizado na região amazônica, investigando sua viabilidade, os métodos de execução e o desempenho ao longo do tempo, com o intuito de garantir obras seguras e duráveis.

O município de Parintins, situado na região central da Amazônia, impõe desafios significativos à construção civil, atribuídos à elevada umidade, às variações sazonais do nível da água e à ocorrência de solos com características específicas, como Latossolos e Argissolos, conforme descrito por Pacheco (2020). A investigação das propriedades do solo é uma etapa fundamental nesse contexto, pois permite identificar a resistência, a capacidade de compactação e o teor de umidade, aspectos essenciais para a escolha do tipo de fundação mais adequado. Em Leite (2024), o autor destaca que essas informações são indispensáveis para o projeto de fundações seguras e eficientes, possibilitando a antecipação de eventuais problemas durante a execução da obra. Em regiões como Parintins, onde os solos podem apresentar instabilidades, a avaliação detalhada das características geotécnicas é imprescindível para assegurar a estabilidade das edificações.

A adequação das fundações em concreto armado às condições locais envolve diversas etapas, desde a investigação preliminar do solo até a execução da obra. A norma técnica NBR 6122 (2022) estabelece diretrizes para a execução de fundações, classificando-as em superficiais e profundas, conforme a profundidade de assentamento e a distribuição das cargas. Pinheiro (2022) aponta que as fundações superficiais, caracterizadas por uma profundidade inferior a duas vezes a menor dimensão da base, são frequentemente empregadas em solos com boa capacidade de suporte. Essa tipologia de fundação mostrou-se particularmente adequada em Parintins, conforme indica a análise geotécnica local, que apontou a fundação superficial em concreto armado como a solução mais viável para a região.

Os procedimentos apropriados para a execução de fundações em concreto armado englobam etapas técnicas e normativas essenciais para garantir a segurança e a durabilidade das estruturas. Conforme a NBR 6118 (2023), as fases de projeto e os levantamentos de campo são determinantes para a definição do método mais eficaz. Esses levantamentos incluem ensaios de penetração padronizada (SPT), caracterização do tipo de solo, profundidade do lençol freático e outros fatores que influenciam a distribuição de cargas. A correta execução dessas etapas previne problemas estruturais que podem comprometer a segurança da construção. Ademais, a compatibilização de projetos, como salientado por Teixeira (2023), é imprescindível para evitar retrabalhos e custos adicionais, contribuindo para a eficiência do processo construtivo.

A aplicação de concreto armado em fundações oferece vantagens relevantes, sobretudo em ambientes com condições adversas como a Amazônia. A associação entre concreto e aço possibilita a criação de fundações capazes de suportar elevadas cargas e resistir às intempéries. Segundo Carvalho (2018), a resistência e a durabilidade do concreto armado são fundamentais para enfrentar a elevada umidade e as oscilações sazonais do nível da água, características típicas da região amazônica. Esse tipo de

fundação distribui uniformemente as cargas sobre uma área maior, minimizando os efeitos das heterogeneidades do solo e promovendo maior estabilidade às estruturas.

Análises de casos realizados em Parintins revelaram que as fundações em concreto armado apresentaram desempenho satisfatório ao longo do tempo, conferindo estabilidade estrutural e resistência a condições climáticas adversas. De acordo com Durante (2022), a durabilidade dessas fundações justifica os investimentos realizados, configurando-se como uma alternativa viável e economicamente eficiente para edificações na região. As imagens de escavações, armação e concretagem ilustram os métodos adotados para adequar as técnicas construtivas às condições locais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo de caso foi realizado em uma instituição educacional destinada ao atendimento de pessoas autistas, localizada no município de Parintins, no estado do Amazonas. A cidade, situada a 369 km da capital, Manaus, foi escolhida com o objetivo de analisar a aplicação de fundações em concreto armado em um ambiente com condições geotécnicas e climáticas típicas da região amazônica. O estudo busca investigar a eficiência e a viabilidade dessas fundações, com vistas à estabilidade e durabilidade das estruturas, considerando os desafios impostos pelo contexto local e as demandas de desenvolvimento sustentável.

2.2. AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO SOLO E ADEQUAÇÃO DAS FUNDAÇÕES ÀS CONDIÇÕES LOCAIS

Para atingir os objetivos propostos, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre investigação de solos, com ênfase nos solos amazônicos, predominantemente Latossolos e Argissolos, e na aplicabilidade do concreto armado nesse contexto. Em seguida, foram coletados dados técnicos que possibilitaram a avaliação da eficácia das fundações em concreto armado e sua compatibilidade com o tipo de solo predominante. Com base em mapas pedológicos e informações geotécnicas, foi estimado o perfil estratigráfico do solo e definidos os tipos de fundação mais apropriados para a edificação em questão. A partir do dimensionamento geotécnico, realizou-se uma análise técnica e econômica que fundamentou a escolha do tipo de fundação mais adequado à obra.

2.3. MÉTODOS PARA A EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES EM CONCRETO ARMADO

A construção da sede do Instituto do Autismo de Parintins Isadora Tupinambá, após análise criteriosa das condições do solo, indicou que a fundação mais apropriada seria a fundação superficial em concreto armado. Este tipo de fundação transfere as cargas ao solo por meio de pressões distribuídas sob sua base. De acordo com a NBR 6122 (2022), a fundação superficial é definida por apresentar profundidade de assentamento inferior a duas vezes a menor dimensão da base da fundação em relação ao terreno adjacente.

A escolha da fundação superficial baseou-se em uma análise detalhada da capacidade de suporte do solo local, que demonstrou ser suficiente para esse tipo de solução. Tal abordagem assegura a distribuição adequada das cargas da edificação, prevenindo falhas estruturais. Ademais, a fundação superficial em concreto armado apresenta vantagens em termos de custo e tempo de execução, sendo geralmente mais simples e rápida em comparação a outras opções.

A profundidade de assentamento inferior ao limite estabelecido representa um critério essencial para garantir a segurança e a estabilidade da estrutura, considerando tanto a resistência do solo quanto a magnitude das cargas aplicadas. A observância às normas da NBR 6122 (2022) assegura que o projeto e a execução das fundações sigam os padrões técnicos e de qualidade exigidos para a construção civil em contextos desafiadores como o da Amazônia.

3. RESULTADOS

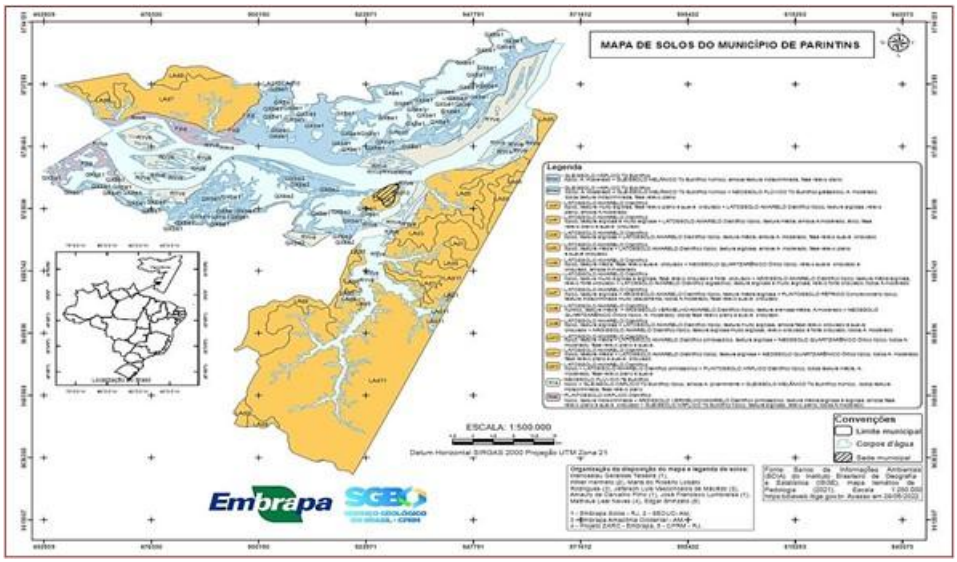
Esta seção apresenta os resultados da pesquisa voltada à aplicação e eficácia das fundações em concreto armado em um ambiente com características edafoclimáticas específicas do município de Parintins (AM).

3.1. AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO SOLO E ADEQUAÇÃO DAS FUNDAÇÕES EM CONCRETO ARMADO ÀS CONDIÇÕES LOCAIS

A avaliação detalhada das propriedades do solo é essencial para a concepção de fundações eficientes e duráveis. Em Parintins, onde predominam Latossolos e Argissolos, essa análise torna-se ainda mais relevante. A resistência à penetração, o grau de compactação e o teor de umidade são fatores determinantes para o dimensionamento adequado das fundações. Segundo Leite (2024), esses parâmetros são fundamentais para a prevenção de falhas estruturais e devem orientar a escolha do tipo de fundação mais apropriado para cada situação.

A Figura 1 apresenta o Mapa de Solos do município de Parintins, com a classificação das unidades pedológicas predominantes, suas respectivas áreas em hectares e percentuais relativos à área total mapeada. Essa reclassificação permite uma compreensão mais abrangente da distribuição dos solos na região, subsidiando decisões mais assertivas em projetos de engenharia civil e planejamento territorial.

Figura 1. Mapa de Solos do Município de Parintins



Fonte: Teixeira et al., (2022).

A predominância de Latossolos e Argissolos demanda soluções técnicas específicas, considerando sua baixa coesão e elevada porosidade. A fundação em concreto armado, sobretudo na forma de radier, tem se mostrado eficaz ao distribuir as cargas uniformemente, reduzindo os efeitos das heterogeneidades do solo. A profundidade de assentamento, de acordo com a NBR 6122 (2022), deve ser inferior a duas vezes a menor dimensão da base, garantindo o equilíbrio estrutural da edificação.

Além disso, a adaptação das técnicas executivas às particularidades amazônicas, como a elevada umidade e a presença de matéria orgânica no solo, é fundamental. O uso de soluções como fundações tipo radier contribui para a segurança e estabilidade das estruturas, mesmo em condições adversas.

3.2. MÉTODOS ADEQUADOS PARA A EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES EM CONCRETO ARMADO.

A execução eficiente das fundações está diretamente ligada à etapa de projeto e aos levantamentos de campo, como os ensaios de SPT (Standard Penetration Test), avaliação do nível do lençol freático e mapeamento de cargas. Conforme a NBR 6118 (2023), essas etapas garantem a elaboração de projetos tecnicamente viáveis e economicamente sustentáveis.

A compatibilização de projetos, conforme destaca Teixeira (2023), é essencial para evitar retrabalhos, desperdício de materiais e aumento de custos, além de assegurar a sustentabilidade do empreendimento. A aderência às normas técnicas vigentes, como a NBR 5738:2015 (moldagem de corpos de prova), NBR 5739:2018 (ensaios de compressão) e NBR 12655:2022 (controle tecnológico do concreto), é indispensável para garantir a qualidade e a durabilidade da fundação.

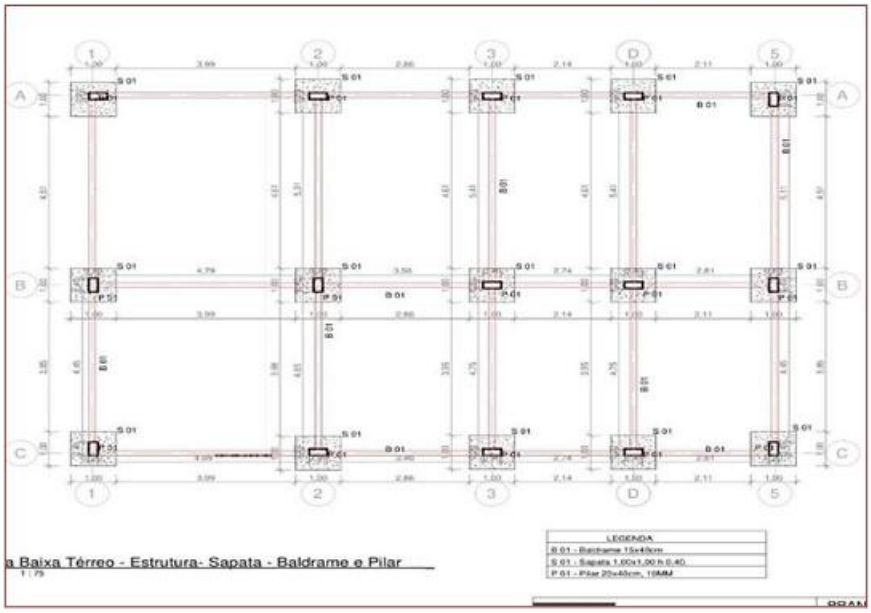
A escolha do tipo de fundação — superficial ou profunda — depende de fatores como a capacidade de carga do solo, profundidade do lençol freático e presença de camadas rochosas. Em Parintins, optou-se pelo uso de fundações superficiais**,** especialmente radier, por sua adaptabilidade às condições locais e execução simplificada.

3.3. CONSTRUÇÕES QUE UTILIZAM FUNDAÇÕES EM CONCRETO ARMADO.

O concreto armado é amplamente construído em edifícios, pontes, viadutos e outras obras de grande porte devido à sua resistência e durabilidade. Essas fundações são essenciais para distribuir as cargas da construção de forma eficiente no solo, garantindo uma sustentação adequada. A combinação de concreto e aço confere às fundações em concreto armadas a capacidade de suportar grandes cargas e resistir a condições adversas, tornando-se uma escolha comum em projetos de engenharia civil devido às suas especificidades e eficácia.

O concreto armado é amplamente utilizado em edificações e obras de infraestrutura devido à sua alta resistência e durabilidade. No caso do Instituto do Autista Isadora Tupinambá, o uso da fundação superficial do tipo radier mostrou-se eficaz, considerando os desafios impostos pelos solos amazônicos.

Imagem 1: planta baixa do Instituto do Autista Isadora Tupinambá.



Fonte: Filho (2023).

A distinção entre fundações superficiais e profundas é estabelecida com base no rótulo de que uma fundação profunda é aquela em que o mecanismo de ruptura da base não atinge a superfície do terreno. Por outro lado, as fundações superficiais são aquelas em que os mecanismos de base atingem, acima da mesma, até duas vezes a sua menor dimensão.

Conforme a norma NBR 6122, fundações profundas são aquelas cujas bases estão implantadas a mais de duas vezes sua menor dimensão e a pelo menos 3m de profundidade. Fundações superficiais, por sua vez, são elementos de fundação em que a carga é aplicada ao terreno predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação, com a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente sendo inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação.

Para a construção do Instituto do Autismo de Parintins Isadora Tupinambá, que utilizará fundações em concreto armado, foi necessário realizar uma escavação no solo antes da aplicação da fundação (Imagem 2). Este processo inicial é crucial para preparar o terreno, garantindo que a base da fundação seja estabelecida em um solo adequadamente compactado e nivelado. A escavação permite remover camadas de solo instável ou inadequado, atingindo uma profundidade onde o solo apresenta a resistência necessária para suportar a estrutura.

Após a escavação, a área foi preparada para receber o concreto armado, que será moldado e reforçado com aço para formar uma base robusta e durável, como mostra a Imagem 2. Esse procedimento é fundamental para assegurar que a fundação possa distribuir as cargas da edificação de maneira eficiente, proporcionando a estabilidade necessária para a construção do instituto. Portanto, a escavação do solo é uma etapa essencial no processo de construção, garantindo que a fundação em concreto armado ofereça a segurança e a durabilidade exigidas pelo projeto.

Imagem 2: Escavação do solo para a aplicação da fundação.

Fonte: Autores (2024)

A fundação em concreto armado demonstra eficácia ao lidar com essas condições, principalmente devido à sua capacidade de distribuir uniformemente as cargas sobre uma área maior, minimizando os efeitos de possíveis heterogeneidades do solo. Sua resistência e durabilidade também são vantagens significativas, especialmente em ambientes tropicais úmidos, onde outros materiais de fundação podem ser mais suscetíveis à corrosão e degradação. Para este tipo de fundação rasa será utilizado o radier. A Imagem 3 em destaque mostra o Radier, o qual é um tipo de fundação rasa, semelhante a uma placa de concreto ou laje abrangendo toda a parte da construção tornando-a uma fundação rasa, mas ao mesmo tempo muito resistente e propício ao tipo de solo de Parintins.

Imagem 3: Radier utilizados

Fonte: Autores (2024)

De acordo com a NBR 6122 (2022) o método é um procedimento brasileiro utilizado para estimar a capacidade de carga em fundações. Além disso, a adaptabilidade da fundação em concreto armado permite ajustes e reforços conforme necessário, atendendo às demandas específicas de cada projeto e às variações nas condições do solo ao longo do tempo. Essa versatilidade é essencial em uma região como a Amazônia, onde mudanças sazonais no nível da água e processos de intemperismo podem afetar significativamente as propriedades do solo.

A imagem 4 demonstra o processo de armação com os ferros e outros materiais necessários para a realização da concretagem da obra. Nesta etapa, as barras de aço são dispostas e amarradas de acordo com o projeto estrutural, formando uma armadura que dará resistência e estabilidade ao concreto. Essa armação é cuidadosamente planejada e executada para garantir que o concreto, ao ser vertido, envolve completamente os ferros, criando uma estrutura sólida e durável. Além das barras de aço, outros materiais como espaçadores e formas de madeira ou metal são utilizados para manter a armadura na posição correta e definir a forma da fundação. A preparação meticulosa da armação foi fundamental para assegurar que o concreto armado cumpra sua função de suportar as cargas da edificação de maneira eficaz e segura.

Imagem 4: Desenvolvimento da estrutura da construção.

Fonte: Autores (2024)

Como podemos observar, a imagem apresenta o procedimento realizado para a armação das colunas e das cintas de concreto armado. Nesse processo, as barras de aço são dispostas de acordo com o projeto estrutural, formando a armadura que será incorporada ao concreto. A armação das colunas envolve a montagem vertical das barras de aço, que são amarradas para manter sua posição durante a concretagem. Paralelamente, as cintas, que são elementos horizontais, são armadas para conectar e reforçar as colunas, contribuindo para a estabilidade da estrutura.

Este procedimento foi essencial para garantir que o concreto armado atenda aos requisitos de resistência e durabilidade, suportando adequadamente as cargas da construção. A precisão na execução da armação é crucial, pois determina a eficácia da estrutura em distribuir as tensões e assegurar a integridade do edifício ao longo do tempo.

A Imagem 5 destaca as alvenarias internas e externas de blocos de tijolos foram finalizadas com sucesso. Este estágio da construção envolveu a colocação cuidadosa dos tijolos, assegurando que cada fileira fosse nivelada e alinhada de acordo com o projeto arquitetônico. As alvenarias internas definem os espaços e compartimentos dentro do edifício, proporcionando estrutura e suporte para divisórias e acabamentos. As alvenarias externas, por sua vez, formam as paredes perimetrais do edifício, oferecendo isolamento térmico e acústico, além de proteger contra as intempéries.

Os blocos de tijolos foram assentados com argamassa, garantindo a adesão necessária para a estabilidade e durabilidade das paredes. Este processo meticuloso é fundamental para assegurar a integridade estrutural do edifício, proporcionando uma base sólida para as fases subsequentes de acabamento e revestimento.

Imagem 5: alvenarias internas e externas de bloco de tijolos finalizadas

Fonte: Autores (2024)

Ainda, Bastos (2023) ressalta que as estruturas de concreto são amplamente, especialmente no Brasil. A facilidade de acesso aos materiais essenciais, como concreto e aço, juntamente com a simplicidade de aplicação, contribui para a sua vasta adoção. Este tipo de estrutura é utilizado em uma variedade de projetos, incluindo edifícios de múltiplos andares, pontes, viadutos, reservatórios, barragens, pisos industriais, pavimentos para rodovias e aeroportos, muros de contenção, obras portuárias e canais, entre outros.

Em suma, esse tipo de fundação em concreto armado é uma escolha confiável e eficaz para construções na Amazônia, oferecendo estabilidade, durabilidade e adaptabilidade necessárias para enfrentar os desafios impostos pelo ambiente único dessa região.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo sobre as aplicações de fundações em concreto armado no município de Parintins, situado na região amazônica, revelou aspectos cruciais sobre a eficácia e a adaptabilidade dessa técnica construtiva em um ambiente com características específicas de solo e clima. Ao longo desta pesquisa, foi possível alcançar os objetivos propostos, os quais visavam investigar a adequação das fundações em concreto armado às condições locais, identificar os métodos construtivos apropriados e analisar casos de estudo para avaliar sua eficiência, custo-benefício e desempenho ao longo do tempo.

A avaliação da adequação das fundações em concreto armado às condições locais demonstrou que, apesar dos desafios apresentados pelos solos amazônicos, essa técnica se mostrou eficaz na garantia da estabilidade estrutural das edificações. A resistência e a durabilidade do concreto armado foram fundamentais para enfrentar as variações sazonais no nível da água e os processos de intemperismo característicos da região, proporcionando uma base sólida para as construções.

Além disso, a identificação dos métodos construtivos adequados evidenciou a importância de técnicas específicas de execução, levando em consideração as

peculiaridades do ambiente amazônico, como a umidade elevada e a presença de materiais orgânicos no solo. A utilização de equipamentos e materiais adequados foi essencial para garantir a qualidade e a eficiência das fundações em concreto armado.

A análise dos casos de estudo permitiu constatar que as fundações em concreto armado apresentaram um desempenho satisfatório ao longo do tempo, proporcionando estabilidade estrutural, resistência às intempéries e baixa manutenção. Além disso, os custos envolvidos foram justificados pela durabilidade e pela segurança oferecidas por essa técnica construtiva, tornando-a uma opção viável para projetos no município de Parintins.

Diante dessas considerações, fica evidente que as fundações em concreto armado representam uma solução confiável e eficiente para as demandas do ambiente amazônico. No entanto, é fundamental ressaltar a importância de estudos geotécnicos detalhados e da adoção de práticas construtivas adequadas para garantir o sucesso e a durabilidade das obras. Assim, recomenda-se a continuidade de pesquisas e o aprimoramento das técnicas de construção, visando sempre à sustentabilidade e à segurança das edificações na região amazônica.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto.** NBR 6118, ABNT, 2023, 242p.

[2] AZEVEDO, A. A. **A incorporação de incertezas de natureza geológica noprojeto e construção de túneis urbanos – proposta metodológica baseada nateoria da decisão.** 2002. São Paulo, nº p.1-201.

[3] BASTOS, P. S. FUNDAMENTOS DO CONCRETO ARMADO. Universidade Estadual Paulista/UNESP-Campis de Bauru/SP, 2023.

[4] CAMPOS, J. C. **ELEMENTOS DE FUNDAÇÕES EM CONCRETO.** Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2022.

[5] CARVALHO, ML. **Análise de confiabilidade de modelos de capacidade resistente de blocos sobre estacas.** 2018. 177p. Dissertação de mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

[6] CRUZ, G. **NBR 6122/2019 atualizada: nova norma de fundações.** Santa Catarina: Nelson Schneider, 2020. Disponível em: https://nelsoschneider.com.br/nbr-6122-2019/. Acesso em: 2 abr. 2022.

[7] DURANTE, T. S. C. **As fundações profundas e sua importância para a indústria da construção civil.** Semana Acadêmica-Revista Cientifica, Fortaleza-CE, Edição 216, v. 10, 2022. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/ artigo_fundacoes-_0.pdf. Acesso em: 01 abr. 2022.

[8] FELIPE, J. M. M, JUNIOR, L. A. **Estudo Dos Tipos De Fundações: Sapatas**. Pesquisa Unipimes: III Colóquio Estadual De Pesquisa Multidisciplinar e I Congresso Nacional De Pesquisa Multidisciplinar, 2018.

[9] FRANK E SUSTENTABILIDADE. **Mecânica dos solos a sua origem, tamanho e formula das partículas.** 29 de junho de 2012. Disponível em:<https://www.frankesustentabilidade.com.br/2012/06/mecanica-dos-solos-sua-origem-tamanho-e.html?m=1. Acesso 13 de maio de 2024.

[10] Hacchich, W, Falconi, F.F.& Niyama, S (1998). **FUNDAÇÕES,Teoria e Prática** ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 5738 – Concreto —Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, p 12. 2015.

[11] KEELER, Marian; BURKE, Bill. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis.** Porto Alegre: BOOKMAN, 2009.

[12] LEITE, A. O. M, ROMAO, E. G. M. Fundações: Relações Entre Solo E Elementos Estrutural. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/66190/1/Amanda_Oliveira pdf. Acesso 10 de maio de 2024.

[13] LOPES PEDRO MIRANDA. **FUNDAÇÕES POR ENSOLEIRAMENTO GERAL EM MACIÇOS TERROSOS MODELAÇÃO USANDO MODELO DE ESTADOS CRÍTICOS.** junho de 2010

[14] MELO, Barbara. **Fundações.** Londrina, Editora e Distribuidora educacional S.A., 2019

[15] _____. **NBR 5739 – Concreto — Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, p 13. 2018.

[16] _____. **NBR 6122 – Projeto e execução de fundações – Procedimento.** Rio de Janeiro, p 108. 2022.

[17] PACHECO, Damille, OENNING, L. M. **Efeito Da Interação Solo-Estrutura No Dimensionamento Em Concreto Armado: Estudo De Caso De Edifício Implementado Na Formação Guabirotuba.** Universidade Federal do Paraná. DCC. Paraná, 2020.

[18] PINHEIRO, I. **Os 10 principais tipos de fundações**. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: https://www.ino vacivil.com.br/os-principais-tipos-de-fundacoes/. Acesso em: 31 mai. 2022.

Capítulo 9

O uso de lajes pré-moldadas em EPS na construção civil

Francisco Freitas de Barros
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: O presente artigo aborda os benefícios do emprego de laje pré-moldada na construção civil, destacando sua eficiência no progresso do processo construtivo além da importância que as normas técnicas possuem de modo a garantir qualidade e segurança das peças utilizadas na construção. Tendo como objetivo explorar o uso geral do Poliestireno Expandido (EPS), destacando suas técnicas construtivas em comparação ao sistema tradicional, o baixo consumo de insumos naturais como água, tornando a obra mais sustentável. Diante disso focou-se em apresentar como se da a aplicação desse método construtivo em uma edificação residencial na cidade de Tefé/AM, destacando a viabilidade econômica, e a superioridade desse sistema construtivo em relação ao sistema convencional. Além disso, também foi abordado o procedimento de aplicação de técnicas construtivas em EPS, como foco em lajes pré-moldadas utilizando um estudo de caso como fonte para tal. O uso do EPS pode reduzir o peso do concreto armado, mesmo quando não aplicado na forma de lajes pré-moldadas, usar o EPS torna a laje mais leve sem perder a eficácia estrutural, o que pode influenciar no dimensionamento da infraestrutura e superestrutura, tornando a execução financeiramente mais barata em comparação com lajes convencionais ou lajes pré-moldadas utilizando outros materiais que não o EPS. Podemos dizer que as vantagens são redução de custos de materiais, redução no tempo de obra o que incide na redução do custo demão de obra. Mas devido à falta de materiais específicos na cidade de Tefé/AM, como o EPS, esse custo acaba ficando aproximado ao das construções convencionais fazendo com que a escolha pelo emprego da laje pré-moldada nem sempre seja a primeira opção.

Palavras-chave: Pré-fabricado; Obras civis; Isopor (EPS);

1. INTRODUÇÃO

Olhando para o passado da humanidade através dos séculos e milênios passados, notamos que a construção civil se encaixa como um dos elementos da cultura dos povos e que, junto com o desenvolvimento tecnológico e de pensamento, progride substancialmente cada vez mais. Esse progresso é notável no desenvolvimento de novas técnicas construtivas que conseguem alcançar ao mesmo tempo mais segurança e economia nas obras. (RIBEIRO e SOUZA, 2022)

A história da evolução técnica e cultural de todos os povos ao longo da existência da humanidade mostra que muitas da inovações e invenções se deram pelo desejo de diminuir os custos prezando pela economia, um exemplo disso é a criação das lajes pré-moldadas, já que por meio dela se obtém uma redução significativa no tempo, no uso de materiais e diminuição no tempo de trabalho e nos custos da mão d obra, além de redução de peso estrutural, resultando em uma economia no custo geral da construção. (MAGALHAES, et. al., 2018)

O uso do isopor, como é denominado no Brasil, pela construção civil pode ser percebido como uma revolução de métodos e técnicas construtivas. Esse material é muito versátil, sendo aplicado em diversos setores industriais. Possui predicados importantes, que trazem destaque perante os demais materiais existentes no mercado. O isopor, ou EPS (poliestireno expandido), exibi como uma de suas características a leveza, a capacidade de isolamento térmico e acústico, o baixo custo e versatilidade de uso. Sendo de fácil manuseio, é bastante na construção civil, para compor lajes pré-moldadas ou em vedações (paredes internas e externas). Utilizando o procedimento e as técnicas construtivas corretas esse sistema construtivo pode ser altamente sustentável, por se tratar de um material 100% reciclável e que por exemplo, em lajes pode substituir o uso de concreto em pelo menos 70%, contribuindo para a eficácia ecológica da edificação (TERAC, 2024).

Para conter os danos ambientais relacionados à indústria da construção civil, pesquisadores tem empenhados esforços no que se refere a utilização de agregados reciclados no concreto armado, substituindo os materiais utilizados atualmente, com a intenção de reduzir o potencial de impacto ambiental, conservação dos recursos naturais e extensão da vida útil de aterros sanitários (SOUZA et. al., 2020).

Ainda para Terac (2024), ao escolher usar o EPS nas construções, o proprietário agrega a obra variados benefícios, como por exemplo: evitando a colonização de pragas e insetos nas paredes lajes e pisos, além do material apresentar baixo absorvimento de humidade, contribuindo para não aparecimento de capilaridade, evitando estragados nas peças, resultando na alta durabilidade da edificação.

Mas foi na Europa na década de 90, que a técnica ganhou força de implementação na construção civil, a laje pré-moldada originou uma revolução no processo construtivo em alvenaria estrutural, começou a ser usada com mais frequência com o intuito de aprimorar a estruturação de novas áreas e reestruturação das grandes metrópoles Europeias. (SENGER et. al., 2020)

As lajes compostas de vigotas pré-moldadas, elementos de enchimento como EPS ou lajota Cerâmica, e concreto são inseridas em um panorama de obra racionalizada. Devido a necessidade do baixo uso de escoramento, o que é excelente para o bom fluxo trabalhadores e ferramentas usadas em construções, além de dispensar o uso de fôrmas, já que as vigotas e as placas de EPS ou Lajota cerâmica cumprem essa função. Além disso, contribuem para o acréscimo na produtividade e para a redução do desperdício de

matéria prima. Outro benefício que a aplicação de laje pré-moldada também promove é a redução no peso da estrutura, principalmente se o material usado for o EPS que é mais leve que os outros existentes no mercado, permitindo uma folga maior para as vigas de apoio, o que gera economia na estrutura projetada. (CAIXETA, HANNUM, 2018)

Este tema foi escolhido por ser atual já que a construção civil tem mostrado maior interesse em técnicas e sistemas construtivos mais modernos, sustentáveis e de baixo custo, essas novas práticas de construção que utilizam principalmente o processo industrial como base faz com que se aumente o interesse pois torna o canteiro de obras mais limpo e fluido, com redução de acidentes e desperdício de materiais, além da precisão dos serviços executados e o tempo de obra reduzido, o ganho na qualidade final da construção, entre outros fatores contribuintes para a eleição de sistemas construtivos pré-moldados na maioria das obras atuais. (SILVA e CORDEIRO, 2022)

Seguindo esse pensamento nota-se que a construção civil é tida como o ramo da indústria cujo desenvolvimento de métodos e técnicas é menor que em outras áreas, todavia, é a que mais está em evidência, tendo em vista que sempre haverá edificações a serem construídas. (CAIXETA e HANNUM, 2018)

No Brasil na década de 60 surgiu a industrialização do processo construtivo de pré-moldados, conforme do desenvolvimento das NBR`s nesse sentido esse tipo de sistema construtivo foi se fortalecendo, tornando-se mais popular, e ganhando notoriedade por conta da aplicação rígida de controle de qualidade, além da redução no tempo, nos custos orçamentários e na rapidez a qual os serviços são executados. (MAZUCO; LIMA, 2018).

O sistema de lajes pré-moldadas no Brasil é normatizado pela NBR 6118 – que dispõe sobre procedimentos para projeto de estruturas de concreto, a NBR 14860 – Laje Pré-Fabricada – Pré Laje – Requisito Parte 1– Lajes Unidirecionais e NBR 14860 – Laje Pré-Fabricada – Pré Laje – Requisito Parte 2 – Lajes Bidirecionais. Estas 03 normas demonstram como deve ser feito o dimensionamento, os procedimentos corretos para projeção dessas estruturas, os métodos que podem ser aplicados, tipos de ensaios necessários para comprovar a eficácia do concreto e da estrutura além dos requisitos de desempenho que as lajes devem apresentar. (PEDROSO, 2024)

Desse modo, podemos dizer que a área de trabalho no canteiro de obras tem mais dinamismo para a execução dos trabalhos e para os trabalhadores, o que torna o trabalho mais ágil, aliado a isso o processo de montagem de estruturas pré-moldadas é mais rápido que a convencional aumentando expressivamente a rapidez do processo de execução de obra. (TERMOVALE, 2023)

O presente estudo aborda o conceito de Lajes-Pré-Moldadas, os custos envolvidos na construção e o processo construtivo com blocos de EPS (isopor). O principal objetivo é avaliar a viabilidade econômica e a agilidade nos métodos utilizados nas construções em comparação com os métodos tradicionais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção serão apresentados os principais resultados de um estudo de caso realizado em obras localizadas na Rua: Santa Rita, Bairro: São Raimundo, na cidade de Tefé/AM no ano de 2023, com o intuito de explorar o uso geral do Poliestireno Expandido (EPS), além de destacar suas técnicas construtivas e mostrando as vantagens em relação ao sistema tradicional. Para isso, o trabalho foi desenvolvido em três etapas, onda será

realizada uma análise do sistema construtivo em EPS aplicado em uma estrutura residencial, após, será avaliada a viabilidade econômica do projeto, e por fim, os procedimentos necessários para aplicação de técnicas em EPS.

2.1. ANALISAR O SISTEMA CONSTRUTIVO EM EPS APLICADO EM UMA ESTRUTURA RESIDENCIAL;

Para análise do sistema construtivo em EPS (Poliestireno Expandido) em estrutural residencial, buscou-se um estudo de caso ao qual pudesse ser observada presencialmente a montagem de estrutura pré-moldada que utiliza o EPS, na qual foram realizadas visitas técnicas em obra localizada na Rua: Santa Rita, Bairro: São Raimundo, na cidade de Tefé. Sendo feito um acompanhamento do passo a passo da montagem da estrutura de laje pré-moldada com o uso de EPS, que será descrito detalhadamente no desenvolvimento dos resultados.

2.2. VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO E SUA SUPERIORIDADE EM RELAÇÃO À CONSTRUÇÃO TRADICIONAL

Para tal será realizada pesquisa bibliográfica de modo a comparar o custo-benefício do uso do EPS em relação aos materiais e métodos construtivos convencionais, destacando a redução do custo de mão de obra e redução no uso de materiais construtivos, além da redução no tempo de execução de obra, demonstrando sua superioridade em relação aos materiais e métodos que são tradicionalmente utilizados no Brasil, na execução de obra.

2.3. PROCEDIMENTOS PARA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS EM EPS

Para aplicação de quaisquer um dos sistemas construtivos que utilizam o EPS como base, é necessário que se conheça primeiro os tipos existentes e que são regulamentados no Brasil. No nosso estudo de caso a laje pré-moldada com o uso de EPS, foi utilizada, este produto já está presente no mercado da construção civil a alguns anos e nos últimos tempos vem tomando o protagonismo no mercado da construção civil. Contudo, é valido ressaltar nesta pesquisa que além da laje pré-moldada com o uso do EPS, também é possível encontrar no mercado cada vez mais em evidencia tijolos de alto nível em EPS, painéis em EPS para execução de vedações, inclusive com função estrutural.

O procedimento de montagem da laje pré-moldada é muito simples, e será descrito nesse artigo de modo a expor o passo-a-passo que se deve seguir durante a instalação deste material, e as técnicas aplicadas para que seja garantida a eficácia desse sistema construtivo.

3. RESULTADOS

As lajes podem ser definidas da seguinte forma, são elementos estruturais geralmente em planos lineares que são expostos sobretudo a cargas direitas à sua face média. Elas desempenham a função categórica de suportar as cargas de uso da estrutura. Apesar de serem estimadas como parte que integra a estrutura auxiliar de uma edificação, podemos dizer que sua função principal é suportar a aplicação direta de cargas distribuídas em uma superfície (CLÍMACO, 2008).

O conceito geral de elementos pré-moldados ou pré-fabricados refere-se a itens fabricados fora do local de instalação ou uso, no caso da construção civil trata-se de vigas, pilares, lajes alveolares e escadas. Tais elementos podem ser produzidos no canteiro de obras ou em fábricas especializadas na produção de peças pré-moldadas, as quais podem ser entregues de modo separado divididos em módulos para montagem posterior. Esse tipo de fabricação oferece algumas vantagens, como por exemplo a aceleração no processo de construção além da garantia de qualidade superior, no entanto requer mão de obra especializada, tanto para a fabricação quanto para a instalação. São amplamente utilizados para criar grandes vãos em edifícios comerciais e industriais.

Quanto as lajes pré-moldadas, podemos afirmar que exercem papel crucial para a estrutura realizada, pois ela é responsável por distribuir cargas para vigas e pilares de igual forma. Sua estrutura é formada por vigotas de concreto, placas em EPS e/ou lajotas de concreto ou cerâmica, além das placas nervuradas, todas elas podem ser moldadas no local da construção ou adquiridas prontas, com exceção das placas em EPS. Essas lajes oferecem a vantagem de vencer grandes vãos com espessura mínima, acelerando a obra, diminuindo etapas de produção, facilitando a implementação e diminuindo os custos de materiais e mão de obra.

Além disso, a Norma Técnica 14589:2016: foi desenvolvida com o intuito de aprimorar a qualidade e segurança na fabricação de elementos pré-moldados. Ela dispõe sobre regulamentações que determinam componentes pré-fabricados para lajes, elementos inertes de enchimento e fôrma, assim como as armaduras eletro soldadas que são usadas na produção desses elementos. Esta norma está estruturada em partes, de modo que o leitor tenha facilidade na consulta e compreensão.

Essa norma objetiva alinhar os padrões de elementos pré-fabricados com referências internacionais, mirando à atualização e revisão de conceitos para garantir a consonância com os padrões de qualidade e segurança do mercado nacional com o internacional.

3.1. USO DE EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Poliestireno Expandido é definido internacionalmente pela sigla EPS, de acordo com a norma DIN ISO-1043/78. Esse material foi descoberto no ano de 1949 na Alemanha pelos químicos, Fritz Stastny e Karl Buchholz, em seu local de trabalho no laboratório da Basf (Alemanha). Esse produto recebe o nome de “Isopor ®” no Brasil, que é uma marca registrada da empresa Knauf, que denomina comercialmente os produtos de poliestireno expandido vendidos por ela. (RIBEIRO, SOUZA, 2022)

A viabilidade econômica em construir com EPS vem sendo discutido e explorado na área da construção civil em comparação à construção tradicional. Esse sistema construtivo reduz o custo da mão de obra, organiza o canteiro de obra, reduz o tempo de obra, além de também contribuir para melhora na termoacústica da edificação.

A NBR 11752:2016 é a que dispõe sobre materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil, nela o EPS é subdividido em oito categorias que são classificadas de acordo com a densidade do EPS ou Isopor. Desse modo, podemos assumir que eleger o produto a ser utilizado é muito mais complexo do que se imagina, pois as diferenças entre os tipos de EPS encontrados no mercado são muitas e devem ser levadas em consideração no momento da escolha, pois para cada serviço executado existe um tipo específico para ser utilizado (PEDROSO, 2024).

A laje pré-moldada com o uso de EPS, já está presente no mercado da construção civil, e nos últimos tempos vem ganhando força no mercado. Além da laje pré-moldada com o uso do EPS, também é possível encontrar no mercado cada vez mais em evidencia tijolos de alto nível em EPS, painéis em EPS para execução de vedações, inclusive com função estrutural.

Como dito acima para cada uso há um tipo de EPS a ser especificado, e para obras não é diferente, para isso arquitetos/engenheiros e construtores devem se atentar a finalidade de uso da edificação, além da carga a qual o material será submetido e o desempenho para o qual foi projetado, para se obtenha um excelente desempenho estrutural (PEDROSO, 2024).

Em se tratando de sistemas construtivos, quando falamos de EPS, além da laje pré-moldada, devido ao tempo de montagem e finalização de obra, está cada vez mais em evidencia os painéis em EPS. Esse sistema construtivo de painéis em EPS foi desenvolvido pela empresa Monolite, daí o nome de sistema Monolite, esse tipo de sistema construtivo representa importantes avanços para a construção civil, principalmente em si tratando de vedações, onde hoje no Brasil o Tijolo de 8 (oito) furos ainda é bastante utilizado, e sua eficiência tanto energética quanto termoacústica não é tão boa assim em comparação a outros sistemas, como o Monolite por exemplo, que vem sendo bastante utilizado no mercado brasileiro tanto como fechamento estrutural, como estrutura de vedação (MAZUCO e LIMA, 2018).

Com o avanço tecnológico e o crescimento populacional, a tendência é que o mercado da construção civil acabe transacionando dos modelos de construção tradicionais para os novos modelos de construção que apresentam melhorias de tempo e custo, pois a viabilidade econômica e o tempo de trabalho diminuiriam consideravelmente em cada obra realizada, além da diminuição de entulho de obra, o que traria benefícios financeiros e ambientais para a indústria construtiva.

3.2. VIABILIDADE ECONÔMICA, AMBIENTAL E SUPERIORIDADE DOS MATERIAIS E MÉTODOS APLICADOS COM USO DO EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo a pesquisa de Rocha (2024), as lajes pré-moldadas no Brasil são elementos construtivos amplamente usados principalmente em tipos de habitações de interesse social (HIS), isso se deve à sua eficácia e economia, tornando o orçamento de obra mais enxuto. Esse sistema se configura da seguinte forma, instala-se sobre a estrutura de pilares e vigas as vigotas de concreto armado e elementos pré-fabricados (EPS ou lajotas cerâmicas) que são empregadas de modo que formem um conjunto como uma fôrma para receber o concreto que formará uma capa, todo esse processo deve ser moldado in loco. Além é claro de ser um sistema construtivo que possui construção simplificada, requerendo menos escoramentos, uso de água e madeira em comparação com os métodos construtivos convencionais.

Mesmo existindo outros tipos de materiais que podem ser utilizados em lajes pré-moldadas, podemos notar a superioridade do EPS, além da vantagem econômica em sua escolha, através de comparação com suporte de carga e preço por metro quadrado (m^2) entre o EPS e a lajota.

Na Tabela 1, são apresentadas comparações entre o uso do EPS (isopor) e da lajota cerâmica, além da demonstração na redução de peso sobre a estrutura executada em comparação com ambas.

Tabela 1: Comparativo entre EPS (isopor) e Lajota Cerâmica

EPS (isopor)	Lajota Cerâmica	Redução de peso
Enchimento	**Enchimento**	**6.941,22 kg**
500 placas de isopor / 121,275 kg	2500 lajotas cerâmicas / 7062,5 kg	
Vigotas	**Vigotas**	
472 m / 4248 kg	472 m / 4248 kg	
Peso total = 4.369,28 kg	**Peso total = 11.310,05 kg**	

Fonte: Vantagens econômicas e ambientais entre lajes de bloco cerâmico e EPS (2023)

Baseado na comparação mostrada na Tabela 1, podemos observar que ao usar 500 placas de EPS (Isopor) e usar 2.5000 lajotas de cerâmica na construção de uma laje pré-moldada de mesmo tamanho, notamos que fazendo uso do EPS deixa a laje aproximadamente 62% mais leve e sem perder a eficácia estrutural, o que pode influenciar no dimensionamento da infraestrutura e superestrutura, tendo uma diminuição do uso de materiais que devido à redução de peso não será mais necessária.

Como dito anteriormente, os valores de mercado são orçados em m^2, desse modo realizei pesquisa entre algumas lojas de materiais de construção na cidade de Tefé/AM no ano de 2024, o resultado obtido em relação a preço de custo de material foi, incluindo isopor ou lajota, entre R$ 90,00 e R$ 100,00 o m^2 do material, sem a inclusão da mão de obra.

Já a malha de ferro nervurada e soldada, que sustentará as vigas da laje 0,10cm x 0,10cm com tamanho de 2,40m x 6,0m, e tem um custo de R$ 180,00 a peça na cidade de Tefé/AM no ano de 2024, podendo variar a depender da região estado ou cidade. O concreto usinado usado para preencher a fôrma que tanto as vigotas quanto as placas de EPS formam, pode ser encontrado no mercado por cerca de R$ 330,00 o m^3 (metro cúbico) que também pode variar por região.

Em relação a mão de obra, os valores dependeram da empresa contratada pela execução do serviço ou dos profissionais contratados de forma direta para executar o serviço.

3.3. ANÁLISE DE SISTEMA CONSTRUTIVO EM EPS APLICADO EM UMA ESTRUTURA RESIDENCIAL

Antes da montagem da estrutura da laje foi executado a fundação e a superestrutura (vigas e pilares acima do solo), logo após a cura do concreto da superestrutura, cerca de 28 dias, se iniciou a montagem do escoramento em madeira para a sustentação das vigotas treliçadas, as quais foram concretadas e “in loco”, vigotas estas que servem de sustentação para a instalação das placas de EPS de 40cm x 1.0m, servindo como base para a concretagem da laje, finalizada a montagem das vigotas e do EPS, coloca-se a tela soldada nervurada para ajudar na distribuição de carga da laje e a capa de concreto.

A viabilidade econômica em construir com EPS vem sendo discutido e explorado na área da construção civil em comparação à construção tradicional. Esse sistema construtivo reduz o custo da mão de obra, organiza o canteiro de obra, reduz o tempo de obra, além de também contribuir para melhora na termoacústica da edificação.

No estudo de caso, o uso da laje pré-moldada reduziu o custo orçamentário tanto de material quanto de mão de obra em 25%, sem contar o tempo de obra que foi reduzido em 20 (vinte) dias em comparação se houvesse sido executada a laje convencional.

Na Figura 1, podemos observar a montagem das formas para receber as treliças ou vigotas e posteriormente à montagem da laje. Essas formas são feitas de madeiras (geralmente de tabuas de azimbre aqui na região) que são colocadas em diagonal ao comprimento da laje e o distanciamento dependerá do tamanho do EPS (isopor) que será definido no projeto, pois no mercado atual existem vários tamanhos.

Figura 1: Laje pré-moldada – estudo de caso

Fonte: Autores (2023).

Sua superioridade pode ser determinada pela não perda da funcionalidade e o suporte de carga equivalente a laje convencional, tudo isso diminuindo a carga estrutural que incidirá sobre a fundação e a superestrutura, além da diminuição orçamentária.

O procedimento de montagem da laje pré-moldada não é muito diferente da laje convencional, a diferença está na diminuição do uso de materiais e a possibilidade de diminuição no tempo de retirada de escoras, abaixo descrevemos como se dá o processo de instalação desse método construtivo:

O primeiro passo para a correta montagem das vigotas é posicionar as escoras, que podem ser metálicas ou em madeira, sendo que essa escolha não interfere na qualidade final do serviço executado, porém deve-se seguir o correto alinhamento no sentido contrário (perpendicular) ao posicionamento das vigotas.

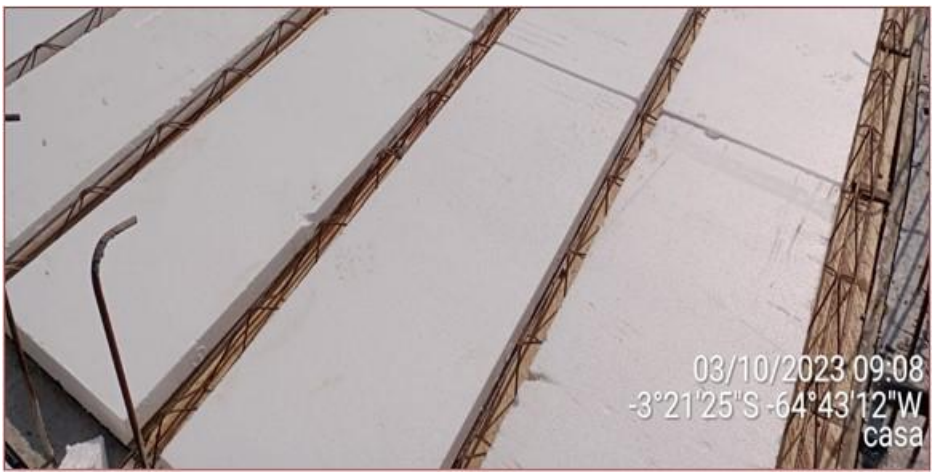
O ideal é que as linhas de escoras sejam entre 1 m e 1,30m, porém abaixo na figura 2 podemos observar que o escoramento realizado na laje que é nosso estudo de caso é de apenas 1,20m. Nessa obra foi utilizado o escoramento de madeira que servirá para receber as guias de sustentação e posteriormente as treliças, o EPS (isopor), a malha nervurada e o concreto.

Figura 2: Escoramento da laje.

Fonte: Autores (2023).

O segundo passo é iniciar a montagem da laje com o EPS junto às vigas da sua obra, logo em seguida, colocar-se as vigotas, fazendo a distribuição das mesmas sobre os vãos e depois ajustando o espaçamento, já com o EPS para garantir o correto espaçamento e o apoio mínimo de 7cm de cada lado a cada peça de EPS, é provável que seja necessário fazer recortes nas placas de EPS, o que é normal. Lembrando que, não se deve iniciar com a vigota, apenas em marquises ou continuações de lajes pré-existentes, após a montagem dessa estrutura deve-se usar tábuas ou compensados para transitar sobre a laje para fazer a distribuição do peso entre mais de uma vigota. Nunca pise sobre a chapa de EPS. Abaixo na Figura 3 podemos verificar a instalação das placas de EPS entre as treliças.

Figura 3. Montagem de placas de isopor entre as treliças.

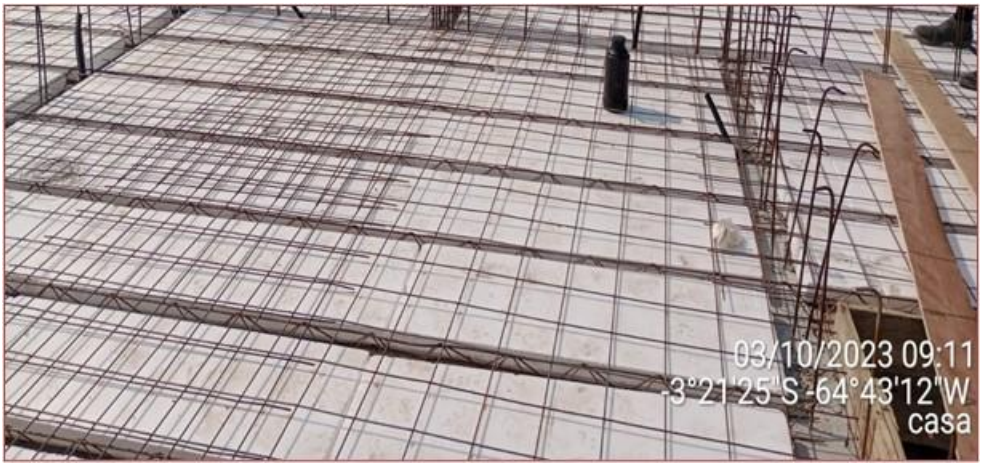


Fonte: Autores (2023).

O terceiro passo é a instalação da armadura de distribuição, essa malha de aço nervurada têm a função de distribuir para as vigotas as cargas aplicadas e combater a fissuração da laje após concretagem, além de garantir o uso e funcionalidade dela. O dimensionamento dessa armação pode variar conforme a sobrecarga da laje. Em lajes convencionais essas armaduras são instaladas nas duas direções, porém em lajes

treliçadas (pré-moldadas) é possível fazer essa armação apenas no sentindo contrário (perpendicular) as vigotas. Esta armadura é colocada após a conclusão da montagem das vigotas e placas de EPS, ela é amarrada ou soldada junto à parte superior das vigotas. Assim, na Figura 4 é possível observar a instalação da malha de aço na laje objeto de estudo de caso.

Figura 4. Montagem de malha nervurada soldada.



Fonte: Autores (2023).

O último e quarto passo é a concretagem, mas antes de iniciá-la, é necessário fazer uma verificação do registro da laje, e de todo o escoramento e instalações que possam estar sobre a laje. Antes de iniciarmos a concretagem precisamos molhar a laje para a limpeza de impureza que pode alterar na composição do concreto, deve-se também posicionar tabuas ou compensados para transitar sobre a laje. Após a verificação positiva pode-se iniciar a concretagem.

As lajes pré-moldadas não podem ter camada de concreto superior a 7 cm, pois o EPS poderá quebrar. Para que não ocorra riscos de danificar o EPS é recomendado que faça uso de peças de madeira posicionadas acima da malha de aço e escoradas na parte superior das vigotas evitando o contato com o EPS, desse modo será possível transitar acima da laje para realizar o preenchimento de concreto. Assim como na execução de lajes convencionais é recomendado o uso de vibradores para garantir que não haja vazios no concreto. É imprescindível garantir que o concreto preenchido na laje tenha contato direto com as vigas de cintamento para evitar riscos de vazamentos de água pluvial além de não perder eficácia estrutural.

Após a concretagem ainda existem alguns cuidados a se ter pelos próximos dias para uma cura correta do concreto, a laje deverá ser molhada durante 7 dias após a concretagem, incluindo o dia da concretagem, para evitar fissuras de retração no concreto. Abaixo na figura 5, observa-se laje, que é objeto de estudo de caso, concretada esperando a cura para retirada de escoramento. Após 21 dias pode-se retirar o escoramento das vigotas e iniciar os trabalhos internos.

Figura 5. Laje concretada.

Fonte: Autores (2023).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada neste estudo compreende os elementos pré-moldados, com foco nas lajes e vigotas treliçadas, demonstra benefícios significativos no que diz respeito a eficiência construtiva do método pré-moldado, a redução no desperdício de materiais, além dos benefícios econômicos e ambientais, também foi apresentada a NBR 14589:2016, que dispõe sobre a importância da qualidade, segurança e otimização do processo de execução de obra.

A representação do estudo de caso para uma, melhor compreensão de como se dá todo o processo de montagem de laje pré-moldada nos esclarece que o ganho de tempo, e a redução de peso incidente sobre a super estrutura e a estrutura nos da maiores possibilidades de redução de custos, já que tais partes estruturais podem ter seus dimensionamentos diminuídos, devido ao tempo reduzido também observa-se diminuição no custo da mão de obra, os benefícios parecem ser inúmeros, contudo em Tefé/AM ainda é sistema construtivo pouco utilizado o que trona o custo de material aproximado ao dos sistemas construtivos convencionais.

Portanto, podemos dizer que as vantagens são redução de custos de materiais, redução no tempo de obra o que incide na redução do custo demão de obra. Mas devido a falta de materiais específicos na cidade de Tefé/AM, como o EPS, esse custo acaba ficando aproximado ao das construções convencionais fazendo com que a escolha pelo emprego da laje pré-moldada nem sempre seja a primeira opção.

REFERÊNCIAS

[1] ABNT. NBR 14589 – **lajes pré-fabricadas de concreto.** Parte 1, 2 e 3, Brasil, 2016.

[2] ABNT. NBR 11752 - **Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial**. Brasil, 2016.

[3] CAIXETA, J. P G; HANNUM, M. M. **Dimensionamento de lajes pré-moldadas do tipo vigota em concreto armado e concreto protendido.** Goiânia, GO, Brasil, 2018.

[4] CLÍMACO, J. C. T. S. **Estruturas de concreto armado**. 2° edição, Ed. UnB, Brasília, Brasil, 2008.

[5] GASPAR, R. **Análise de segurança estrutural das lajes pré-fabricadas na fase de construção.** São Paulo, SP, Brasil, 1997.

[6] MAZUCO, R.; LIMA, M. **Painéis monolíticos em EPS na construção civil.** USF – Universidade São Francisco, Bragança Paulista, São Paulo, SP, Brasil, 2018. Disponível em: https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/3105.pdf. Acesso em 13 de junho de 2022.

[7] PEDROSO, H. **SAIBA O QUE É EPS E COMO USÁ-LO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.** HTTPS://WWW.AECWEB.COM.BR/ESPECIAIS/GRUPOISORECORT/MATERIA/CONHECA-AS-PRINCIPAIS-APLICACOES-DO-EPS-E-SAIBA-ESPECIFICA-LO-CORRETAMENTE/18422. ACESSO EM: 05/04/2024.

[8] RIBEIRO, G. S.; SILVA, R. S. **ANÁLISE DO POLIESTIRENO EXPANDIDO NA CONSTRUÇÃO CIVIL. OURO BRANCO, MG, BRASIL, 2022.**

[9] SENGER, E. W.; SANTOS, A. de P. L. **Banheiros pré-fabricados: seus benefícios e como criam valor para consumidores.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 573-589, jul./set. 2020.

[10] SILVA, M.W.M.; CORDEIRO, L.N.P. **Potencial uso de pérolas de EPS em argamassas para a produção de placas cimentícias**. Revista Matéria, v.27, n.2, 2022.

[11] SOUZA, B.C.; PAES, C.N.S; BARBOZA, L.S. **Estudo do agregado graúdo reciclado de concreto como agente de cura interna.** Revista Matéria, v.25, n.4, 2020.

[12] ROCHA, G.; FREITAS, J.; JUNIOR, JC.; SILVA, L.; SILVA, R. **Vantagens econômicas e ambientais na comparação entre lajes de bloco cerâmico e EPS.** Disponível em: https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/10179746-9ef0-4d51-a89e-b6ca11a82d27. Acesso em: 12/04/2024.

[13] TERAC, FI. **Isopor.** Disponível em: https://www.terac.com.br/isopor. Acesso em: 12/06/2024.

[14] TERMOVALE. **Construindo com EPS (Isopor)?Conheça o concreto leve.** Disponível em: https://www.termovale.com.br/pt-br/novidades-e-dicas/construindo-com-eps-isopor-conheca-o-concreto-leve. Acesso em: 12/06/2024.

[15] TERMOVALE. **O que é EPS? (O que é Isopor)? – O EPS no concreto leve.** 2023. Disponível em: https://www.termovale.com.br/pt-br/novidades-e-dicas/o-que-e-eps-o-que-e-isopor. Acesso em: 12/06/2024.

Capítulo 10

Controle automático de bomba d'água: um circuito simples e eficiente

Gabriel de Matos da Silva
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: Este artigo aborda a implementação de um circuito de controle automático para uma bomba d'água, tendo como objetivo principal automatizar o controle do nível de água em um tanque, eliminando a necessidade de monitoramento e ajuste manual constantes. O sistema desenvolvido é capaz de ligar a bomba quando o nível de água cai abaixo de um certo ponto (nível inferior) e desligar a bomba quando o nível de água atinge um ponto pré-determinado (nível superior). Isso é realizado usando sensores que detectam o nível de água do reservatório, ligando e desligando a bomba automaticamente. O projeto foi implementado em uma residência em Tefé-AM, com dois tanques de água da marca Fortlev, cada um com capacidade de 1000 litros e localizados a uma altura de 4 metros do chão. A metodologia incluiu uma inspeção visual do local, medição dos tanques e sua altura, cálculo da taxa de fluxo necessária e uma avaliação da fonte de alimentação disponível. Este trabalho contribui para a literatura existente sobre controle automático de bombas d'água e tem implicações práticas significativas, pois pode ajudar a melhorar a gestão de recursos hídricos em residências, indústrias e até mesmo em situações de escassez de água, como mencionado por Clovis Pereira em seu blog.

Palavras-chaves: Controle Automático, Bomba D´Água, Circuito de Controle, Nível de Água, Tanque.

1. INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica tem se consolidado como um fenômeno transformador que redefine continuamente as formas de viver e trabalhar. Segundo Nonato (2024), trata-se de um processo dinâmico que envolve a criação e aplicação de novas tecnologias com o objetivo de aprimorar as condições sociais e operacionais. Nesse contexto, Silva e Almeida (2023) destacam o controle automático de bombas d'água como uma inovação significativa no gerenciamento de recursos hídricos, ilustrando como a tecnologia pode ser direcionada para ganhos de eficiência e sustentabilidade.

Em Costa e Souza (2022), os autores ampliam essa discussão ao abordar a automação de forma abrangente, ressaltando seu potencial para transformar a operação de máquinas e sistemas, em consonância com a perspectiva de Nonato (2024). Para Pereira (2023), o desenvolvimento tecnológico não se limita ao aumento da eficiência operacional, mas constitui também um meio eficaz de promover a melhoria da qualidade de vida.

De forma complementar, Oliveira e Silva (2024) enfatizam que tais avanços tecnológicos, além de otimizarem sistemas existentes, contribuem de forma decisiva para a sustentabilidade ao promover o uso racional de recursos. A inovação tecnológica, segundo os autores mencionados, deve estar intrinsicamente vinculada à eficiência, à sustentabilidade e à elevação da qualidade de vida.

Este trabalho tem como objetivo aplicar os conceitos abordados nas obras citadas em um contexto prático, por meio do desenvolvimento e teste de um sistema automatizado para o controle de bombas d'água. Tal inovação representa um avanço significativo na gestão eficiente dos recursos hídricos, especialmente diante da crescente demanda por soluções sustentáveis. A proposta envolve a realização de experimentos e análises para verificar a eficácia do sistema, considerando tanto a sua eficiência operacional quanto os impactos ambientais associados.

A automação de bombas d'água emerge, assim, como uma resposta concreta aos desafios impostos pela necessidade de conservação hídrica e pela busca de modelos mais sustentáveis de gestão. A pesquisa tem como propósito não apenas validar tecnicamente o funcionamento do sistema automatizado, mas também avaliar seu potencial para reduzir o consumo e o desperdício de água.

Adicionalmente, o estudo considera os efeitos sobre a qualidade de vida dos usuários desses sistemas. A substituição de atividades manuais por processos automatizados proporciona maior comodidade e liberação de tempo para outras tarefas, em consonância com a visão de Pereira (2023), para quem a tecnologia deve atuar como instrumento de melhoria do cotidiano.

A sustentabilidade, por sua vez, permanece como eixo central desta proposta. Conforme argumentam Oliveira e Silva (2024), a inovação tecnológica deve estar alinhada a práticas ambientalmente responsáveis. Ao otimizar o uso dos recursos hídricos, o sistema de controle automático de bombas d'água não apenas promove eficiência, mas também contribui para a construção de um futuro mais sustentável.

Em síntese, este trabalho representa uma aplicação concreta do potencial transformador da tecnologia, evidenciando como inovação, sustentabilidade e qualidade de vida podem coexistir de maneira harmoniosa. A proposta aqui apresentada constitui uma contribuição relevante ao campo da gestão de recursos hídricos e exemplifica o impacto positivo da tecnologia quando aplicada de forma estratégica e consciente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. DESCRIÇÃO DO CIRCUITO E LOCAL DE IMPLEMENTAÇÃO

O circuito de controle proposto será desenvolvido para operar automaticamente o nível de água em tanques de armazenamento. O sistema será programado para acionar a bomba d'água sempre que o nível da água atingir um ponto mínimo predeterminado e, da mesma forma, interromper seu funcionamento assim que o nível alcançar o limite superior desejado. Esse controle será viabilizado por meio do uso de uma chave tipo micro boia lateral modelo ZPC5, responsável pelo monitoramento do nível de água, e uma chave seletora com dois blocos de contato, que permitirá alternar entre os modos de operação automática e manual, conforme a necessidade. Os componentes utilizados para a construção do circuito serão especificados adiante.

2.2. ANÁLISE DO LOCAL DE IMPLEMENTAÇÃO E SUAS ESPECIFICIDADES

A instalação do sistema será realizada em uma residência localizada no município de Tefé, estado do Amazonas. O local conta com dois reservatórios de água da marca Fortlev, cada um com capacidade para 1000 litros, posicionados a uma altura aproximada de 4 metros do solo. As especificações técnicas desses reservatórios estão detalhadas no Quadro 1.

A metodologia adotada para a implementação inclui a realização de uma inspeção visual do local, medição das dimensões e altura dos reservatórios, cálculo da vazão necessária para abastecimento e análise da fonte de energia elétrica disponível. A inspeção permitirá identificar a posição ideal dos componentes do sistema, além de verificar a infraestrutura existente para alimentação elétrica. As medições fornecerão os dados necessários para o correto dimensionamento da bomba e demais elementos do circuito.

Para a montagem do sistema, foram utilizados os seguintes materiais: reservatórios de água, bomba periférica, chave seletora e disjuntores. Todos os itens mencionados, juntamente com suas especificações técnicas, estão organizados no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1: Lista de materiais usados, especificações e característica do produto.

	Especificações
	Tanque Fortlev 1000L, de Polietileno 100% virgem e proteção UV, com tampa de travamento total por encaixe, produzida sem emendas, sendo o seu maior diferencial, suportar as variações climáticas e respeita todas as normas de fabricação exigidas pelo mercado, com dimensões de 97 x 116 x 152 cm e peso de 16,7kg.
	Bomba Periférica, será a principal responsável por controlar o fluxo de água para os tanques KSB Hydrobloc P500T NG, potência de ½CV Trifásica 220/380V, Recalque de 1", temperatura de operação de 80 ºC, pressão de sucção de 0,7 bar, rotação de 3500 RPM, grau de proteção do motor de IP44, vazão máxima de 2,4 m^3/h (Pressão 4 m.c.a) e mínima de 0,3 m^3/h (Pressão 35 m.c.a).
	Chave Micro Boia Lateral, de Polipropileno, marca ZPC5, posição de trabalho Horizontal, temperatura de trabalho de -10º ~ 80ºC, máxima pressão de operação de 1 Bar, cabo de conexão de 2 Vias de 0,5mm^2, densidade do flutuador de 0.6, resistência máxima do contato de <100 mohms, e grau de proteção de IP67. Usada para monitorar o nível de água nos tanques e enviar um sinal para a bomba quando o nível de água cair abaixo de um certo ponto.
	Chave Seletora 2 Posições 45º com 2 Blocos de Contato NA, chave permitirá o controle manual do sistema quando necessário, modelo LAY5 ED2, tipo de frontal Knob Curto, forma de atuação fixa, 2 posições do comutador, ângulo do seletor de 45º, contato auxiliar 1NA+1NF, tensão nominal de isolamento de 660Vca, e 3 contatos principais.
	Disjuntor Geral, marca WEG, modelo MDWP-C63A-3, Corrente Nominal de Operação de 40ª e tensão de operação de 440Vca. Usado para proteger o sistema todo o sistema.
	Contator Tripolar, CJX2-4011 com Relé Térmico LR2-D3353, chave usada para proteger a bomba contra sobrecargas e curtos-circuitos, com Corrente Nominal de Operação de 40ª, Potência CV/KW (AC2/AC3) de 15/11, Ie Max (Eu 440V) de 18,5ª, Potência CV/KW (AC4) de 8,5/6,5, Carga Resistiva Ie=Ith de 60ª, Potência CV/KW (AC1) de 22,5, Durabilidade Mecânica de 10.000.000, Contato Auxiliar 1NA+1NF, Modelo do Relé LR2-D3353.
	Disjuntor Bipolar 25ª, Curva C, será usado especificamente para proteger o circuito de controle contra sobrecargas e curtos-circuitos, com Corrente Nominal de 25ª, 2 polos, tensão de Emprego de 440Vca/250Vcc e Frequência de 50/60 Hz.
	Alicate Amperímetro Digital - MINIPA-ET-3200ª, Será usado para realiza medidas de tensão DC e AC, corrente AC até 1000A, resistência e testes de diodo e continuidade, além do teste de isolação através do opcional MI-261.

Fonte: Autores (2024), adaptado do manual do fabricante

O cálculo da taxa de fluxo foi realizado com base na meta de preenchimento de cada reservatório de 1000 litros no intervalo de uma hora, conforme apresentado na Equação 1. Adicionalmente, foi realizada a avaliação da fonte de alimentação elétrica, com o objetivo de garantir compatibilidade com a bomba trifásica de 220 V prevista para o sistema.

Foram adotados procedimentos metodológicos específicos, como a inspeção visual do local, por meio da qual foi possível identificar a localização exata dos tanques e verificar a disponibilidade da alimentação elétrica. Esta etapa foi essencial para compreender as limitações físicas do ambiente, que poderiam influenciar tanto a posição de instalação da bomba quanto seu desempenho operacional.

As medições dos tanques e da altura em relação ao solo foram realizadas com o auxílio de uma fita métrica. Os dados obtidos foram fundamentais para o dimensionamento da vazão e da pressão necessárias à operação eficiente da bomba. A Figura 1 ilustra a disposição e localização dos reservatórios de água no ambiente analisado.

Figura 1: Localização dos tanques

Fonte: Autores (2024).

2.3. CÁLCULO DA TAXA DE FLUXO

Para simplificar, foi suposto que o objetivo era encher cada tanque de 1000 litros (1 m^3) em 1 hora. Isso significa que a bomba precisa fornecer uma taxa de fluxo de 1000 litros por hora. A Equação 1 mostra o procedimento usado para o cálculo a taxa de fluxo.

$$Q = \frac{V}{t} \qquad \text{Eq. (1)}$$

Onde, Q, é a taxa de fluxo em litros/hora; V é o volume do tanque em m^3, e t, o tempo desejado para encher o tanque. Em resumo, essa equação é utilizada para determinar a capacidade necessária da bomba (em termos de taxa de fluxo) para atingir o objetivo de preencher o reservatório no tempo especificado. É uma ferramenta útil para dimensionar corretamente a bomba e garantir que ela possa atender às demandas do sistema.

2.4. MEDIÇÃO DE TENSÃO

Será realizada uma avaliação da fonte de alimentação disponível com o objetivo de assegurar sua compatibilidade com a bomba periférica trifásica de 220 V prevista no projeto. Esse processo inclui a verificação da tensão e da corrente elétrica disponíveis no local.

Para a medição da tensão e corrente, será utilizado um alicate amperímetro digital modelo MINIPA ET-3200. Esse equipamento permite a medição da corrente elétrica sem a necessidade de interrupção do circuito, conforme especificado pelo fabricante Minipa. Essa característica é fundamental para garantir a precisão das medições e evitar falhas no funcionamento da bomba durante sua operação. A Figura 2 apresenta a realização do procedimento de medição da tensão no ponto de alimentação elétrica selecionado para a instalação do sistema.

Figura 2: Medição de tensão

Fonte: Autores (2024).

2.5. IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM CIRCUITO DE CONTROLE AUTOMÁTICO PARA BOMBA D'ÁGUA

O processo de desenvolvimento do circuito de controle automático para bomba d'água compreende diversas etapas, iniciando-se pela concepção do circuito por meio de software de simulação. A etapa de projeto é seguida por simulações que visam validar o desempenho do circuito, permitindo a identificação e correção de eventuais falhas antes da montagem física.

Durante a simulação, o comportamento do circuito é analisado em diferentes condições operacionais, especialmente em relação à atuação do sensor de nível de água. As simulações serão conduzidas em plataformas como o LTSpice ou CADe Simu, que oferecem recursos adequados para modelagem e análise de circuitos elétricos.

Após a validação em ambiente virtual, procede-se à montagem do circuito em bancada para testes práticos. Nesta fase, o sistema é alimentado e submetido a variações nos níveis de água, simulando condições reais de operação, com o objetivo de verificar a resposta do sensor de nível e o acionamento da bomba.

Superada a etapa de testes em bancada, o circuito será considerado apto para instalação no local definitivo. Após a instalação, será realizado o monitoramento contínuo

do sistema, com o intuito de verificar seu desempenho e identificar eventuais falhas. Os problemas detectados durante essa fase serão registrados e utilizados como base para aprimoramentos futuros no sistema. Essa abordagem estruturada, que inclui simulação, teste prático e avaliação em campo, visa assegurar o correto funcionamento do circuito e sua confiabilidade em aplicações reais de controle automático de bombas d'água.

3. RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados obtidos no desenvolvimento de um circuito simples e eficiente para o controle automático de uma bomba d'água, garantindo um sistema seguro, eficiente e adequado ao local de instalação. Por meio de uma análise detalhada do circuito, busca-se oferecer uma compreensão clara do funcionamento do sistema e demonstrar sua aplicabilidade para a melhoria da eficiência e eficácia na gestão de recursos hídricos.

3.1. IDENTIFICAÇÃO DAS ESPECIFICIDADES DO LOCAL

Após análise criteriosa, constatou-se que o local de instalação da bomba não apresenta riscos específicos para o equipamento. A bomba será instalada em ambiente fechado, protegido de variações climáticas, o que contribui para a preservação do equipamento, prolongando sua vida útil e assegurando um funcionamento eficiente.

Para fins de dimensionamento, adotou-se a meta de encher cada tanque de 1000 litros (1 m^3) em 1 hora. Dessa forma, a bomba deve fornecer uma vazão de 1000 litros por hora. O cálculo da taxa de fluxo foi realizado conforme a Equação 1:

$$Q = \frac{1m^3}{1hora} = \frac{1m^3}{3600s} \approx 0{,}000278m^3/s \qquad \text{(Eq. 1)}$$

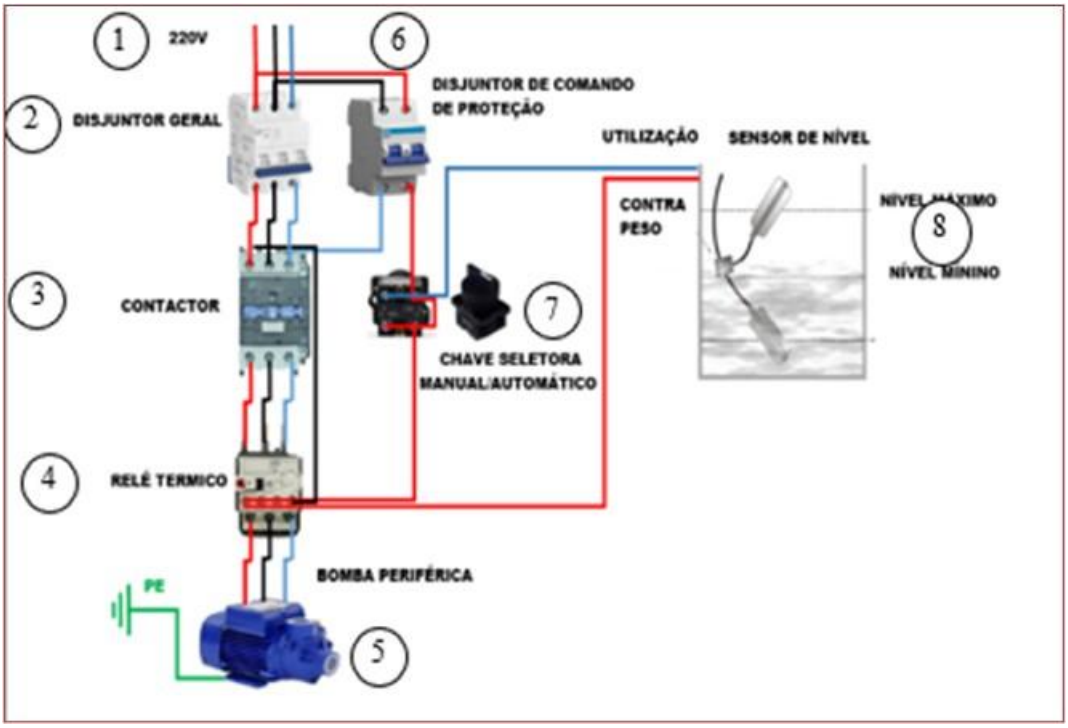
O circuito projetado é composto por diversos componentes, incluindo disjuntor geral, disjuntor de comando e proteção, sensor de nível, contador, relé térmico e a bomba periférica. Adicionalmente, o sistema conta com uma chave seletora que possibilita a alternância entre os modos manual e automático, conforme a necessidade. O esquema elétrico do sistema está ilustrado na Figura 3, reforçando a compreensão do funcionamento e aplicabilidade do circuito para otimizar a gestão dos recursos hídricos.

3.2. SEQUÊNCIA DE OPERAÇÃO

O esquema gráfico apresentado na Figura 3, mostra que o item

1) Fonte de Alimentação: A fonte de alimentação fornece a tensão necessária de 220V para todo o circuito.
2) Disjuntor Geral Tripolar: Conectado à fonte de alimentação principal, este disjuntor protege todo o circuito contra sobrecargas e curtos-circuitos. De acordo com o site da WEG, ele é capaz de interromper automaticamente o fornecimento de energia quando detecta cargas elevadas.

Figura 3: Esquema de ligação do circuito elétrico



Fonte: Autores (2024)

3) Contator: Este componente atua como um interruptor, controlando a operação da bomba periférica. Ele recebe um sinal do sensor de nível e gerencia o acionamento e desligamento do motor da bomba. Segundo o Blog Therba, o contator funciona como um interruptor gerenciando o acionamento e desligamento do motor.
4) Relé Térmico: O relé térmico protege a bomba contra sobrecargas térmicas. Ele monitora a temperatura do motor e atua para proteger o motor contra anormalidades na temperatura. Segundo Guilherme Santos, o relé térmico tem como papel principal sendo ele proteger o motor contra anormalidades na temperatura do motor.
5) Bomba Periférica: Esta é a bomba que é controlada pelo circuito. Ela é acionada ou desligada pelo contator, dependendo do sinal recebido do sensor de nível.
6) Disjuntor Bipolar de Comando de Proteção: Este disjuntor está conectado à fonte de alimentação principal e protege especificamente o circuito de controle. De acordo com o site da WEG, ele é capaz de fornecer disparo instantâneo em correntes entre 5 a 10 vezes seu potencial, protegendo o circuito de controle contra sobrecargas.
7) Chave Seletora Manual/Automática: Esta chave permite alternar entre o controle manual e automático do sistema. Isso proporciona flexibilidade no controle do sistema, permitindo que ele seja operado manualmente quando necessário.
8) Sensor de Nível: Este sensor monitora o nível de água no reservatório. Quando o nível de água atinge um certo ponto, ele envia um sinal para o contator para acionar ou desligar a bomba. Após a simulação, o circuito será montado em uma base para testes de bancada. Durante esses testes, o circuito será alimentado e o

sensor de nível será submetido a mudança de nível de água para verificar se o circuito responde corretamente, juntamente com o processo de montagem do circuito que será feito de acordo com a norma ABNT NBR 5410.

3.3. RELATÓRIO DETALHADO DE AVALIAÇÃO: TESTE DE BANCADA DO CIRCUITO DE CONTROLE AUTOMÁTICO

Este relatório apresenta uma análise técnica detalhada das etapas envolvidas no teste de bancada do circuito de controle automático, com descrições que facilitam a compreensão do processo e dos resultados obtidos. As imagens incluídas complementam o texto, fornecendo evidências visuais do funcionamento do circuito.

3.4. CONFORMIDADE NORMATIVA NA MONTAGEM

A montagem do circuito foi realizada em uma base de teste, respeitando integralmente a norma ABNT NBR 5410. Essa norma estabelece os requisitos técnicos para instalações elétricas de baixa tensão, garantindo que todos os componentes e conexões estejam adequadamente protegidos contra riscos de curto-circuito e sobrecarga, além de assegurar o funcionamento correto do sistema em diversas condições operacionais.

3.5. ENERGIZAÇÃO E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Durante a montagem, todos os componentes foram conectados conforme o esquema projetado, assegurando o funcionamento esperado do circuito. Após a montagem, o circuito foi energizado por meio de uma fonte de alimentação que simula as condições elétricas típicas de operação. Essa etapa é essencial para testar o desempenho do circuito em ambiente controlado, semelhante às condições reais de uso.

Durante a energização, foram monitorados parâmetros elétricos como tensão e corrente, a fim de verificar se permaneciam dentro dos limites operacionais seguros e previstos. A tensão foi controlada para garantir sua adequação ao funcionamento dos componentes eletrônicos, enquanto a corrente foi observada para identificar possíveis anomalias que pudessem indicar falhas no circuito.

Adicionalmente, verificou-se a ativação de componentes essenciais, como relés e sensores de nível de água. Os relés, atuando como interruptores eletromecânicos, foram testados para confirmar sua resposta correta aos comandos do circuito. Os sensores de nível de água foram monitorados para assegurar a precisão dos sinais referentes à presença ou ausência de água.

A Figura 3 apresenta o circuito energizado em estado de repouso, demonstrando que, quando alimentado e sem estímulos externos, o sistema mantém-se estável, sem respostas inesperadas. Isso indica que o circuito está preparado para responder adequadamente às variações no nível de água durante sua operação.

Figura 3: Circuito energizado em repouso.

Fonte: Autores (2024)

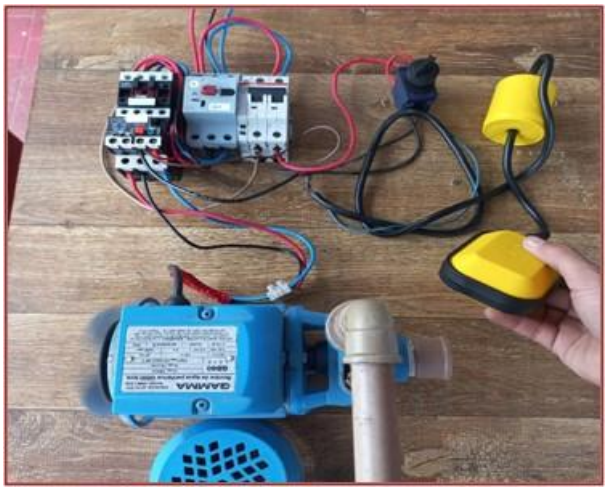
3.6. AVALIAÇÃO DO SENSOR DE NÍVEL DE ÁGUA

Durante a fase de testes, o sensor de nível de água foi submetido a variações controladas com o objetivo de simular diferentes condições operacionais, como níveis elevados e reduzidos de água. Essa etapa foi essencial para verificar se o sensor responde de forma precisa e confiável, considerando sua relevância no funcionamento adequado do sistema.

O circuito foi monitorado com atenção para observar o acionamento e o desligamento da bomba nos pontos previamente definidos, correspondentes aos níveis de água que o sensor deveria identificar. A precisão na atuação do sensor mostrou-se crucial, uma vez que dela depende a ativação correta da bomba, prevenindo tanto o transbordamento quanto a operação em ausência de água.

A lógica de controle implementada também foi avaliada durante os testes. A capacidade do sistema em interpretar corretamente os sinais enviados pelo sensor e acionar a bomba conforme necessário evidenciou o bom funcionamento da lógica programada. A Figura 4 apresenta o acionamento da bomba por meio da boia mecânica, ilustrando o sistema em operação. Essa imagem comprova que, ao atingir um nível específico, a boia aciona a bomba, validando o desempenho correto do sensor e do sistema de controle.

Figura 4: Acionamento da bomba pela boia.



Fonte: Autores (2024)

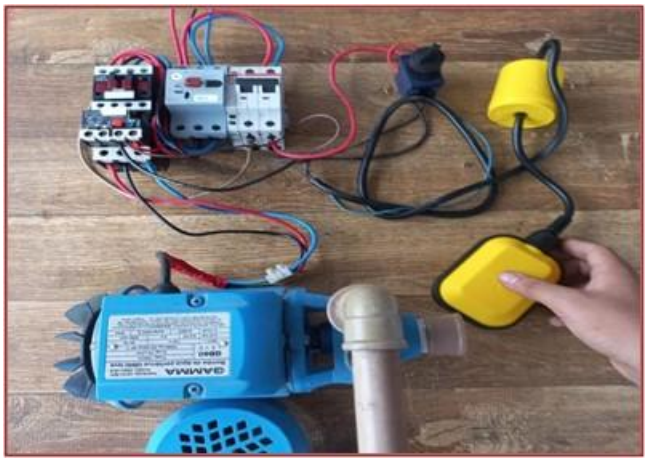
3.7. VERIFICAÇÃO DA ATUAÇÃO DO CIRCUITO

A verificação da ativação e desativação da bomba constitui uma etapa fundamental para garantir a confiabilidade do sistema. Nessa fase, priorizou-se a análise do tempo de resposta do circuito, definido como o intervalo entre o recebimento do sinal do sensor de nível de água e a correspondente atuação da bomba.

Foi igualmente avaliada a consistência das ações de controle, aspecto essencial para que o circuito mantenha um desempenho previsível e estável, independentemente das variações nos níveis de água. A análise incluiu ainda o comportamento do sistema diante de flutuações rápidas no nível, simulando cenários em que há mudanças repentinas e frequentes. Essas simulações são relevantes para verificar a capacidade do circuito em lidar com situações dinâmicas, sem provocar acionamentos indevidos ou atrasos que comprometam a eficiência ou a integridade do sistema.

A Figura 5 apresenta o momento de desligamento da bomba, funcionando como evidência visual da correta atuação do sistema. Essa imagem confirma que o desligamento ocorre conforme o projetado, demonstrando a efetividade do sensor de nível de água e do circuito de controle.

Figura 5: Desligamento da bomba.



Fonte: Autores (2024).

3.8. CONCLUSÕES E VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO

Os testes realizados indicaram que o circuito encontra-se apto para instalação no ambiente previamente designado. A análise dos dados obtidos durante os testes de bancada não revelou falhas ou inconsistências que pudessem comprometer a operacionalidade ou a segurança do sistema. Dessa forma, conclui-se que o circuito demonstrou robustez e confiabilidade no controle automático da bomba d'água.

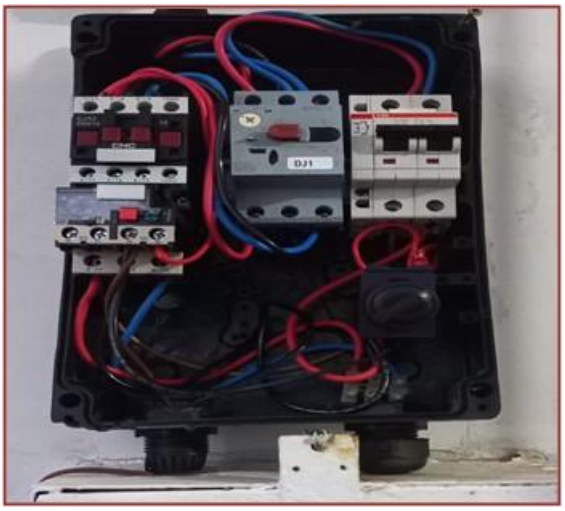
3.9. TESTE DE CAMPO: METODOLOGIA E RESULTADOS

A fase de teste de campo constitui um elemento essencial no processo de validação da funcionalidade do circuito de controle automático em condições operacionais reais. A metodologia adotada para essa etapa foi cuidadosamente estruturada, contemplando aspectos técnicos e de segurança.

Inicialmente, foi realizada a instalação do circuito no ambiente destinado à sua operação. Durante essa fase, assegurou-se que a instalação estivesse em conformidade com as normas técnicas vigentes e com as regulamentações de segurança aplicáveis. Isso incluiu uma verificação minuciosa da montagem, com o objetivo de confirmar o correto posicionamento e a interligação de todos os componentes, evitando riscos de falha durante a operação do sistema.

A Figura 6, apresentada na sequência, ilustra o quadro de comando após a conclusão da instalação. Essa imagem serve como evidência visual da montagem realizada, demonstrando que o circuito se encontra pronto para os testes de campo, nos quais será avaliado em condições similares às que enfrentará em sua operação contínua.

Figura 6: Quadro de comando.



Fonte: Autores (2024)

3.10. SIMULAÇÃO OPERACIONAL, MONITORAMENTO CONTÍNUO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Na etapa de simulação operacional, buscou-se reproduzir com a maior fidelidade possível as condições que o circuito enfrentaria em seu ambiente real de funcionamento. Essa simulação incluiu variações de carga, oscilações de tensão e alterações nos níveis de água, fatores críticos para a avaliação da robustez e confiabilidade do sistema. A replicação desses cenários permite a identificação e correção de possíveis falhas antes da implementação definitiva do circuito.

Durante a fase de monitoramento contínuo, foi realizada a coleta de dados sobre o desempenho do circuito em tempo real. Para isso, empregou-se instrumentação adequada à medição de parâmetros elétricos e mecânicos, possibilitando a obtenção de informações precisas sobre o funcionamento do sistema. Essa etapa também permitiu a detecção de tendências ou comportamentos anômalos que poderiam demandar ajustes futuros.

Tais fases são essenciais para garantir que o circuito funcione conforme o esperado quando submetido às variações e aos desafios típicos do ambiente de operação.

Durante a avaliação de desempenho, a resposta do circuito a estímulos diversos foi observada cuidadosamente. Testou-se, em especial, a reação do sistema a mudanças súbitas no nível de água, parâmetro determinante para sua eficácia. A capacidade do circuito de acionar corretamente a bomba e os demais componentes de controle em resposta a essas alterações é fundamental para assegurar a confiabilidade e a segurança do sistema.

A Figura 7 apresenta o acionamento automático do sistema, evidenciando a atuação do circuito sem intervenção manual. Já a Figura 8 ilustra o acionamento manual, permitindo a atuação direta por parte de operadores. Essas imagens são relevantes para demonstrar visualmente a funcionalidade do sistema em ambos os modos de operação, confirmando sua conformidade com o projeto e os requisitos definidos.

Figura 7: Acionamento automático.

Fonte: Autores (2024)

3.11. TESTES DE RESISTÊNCIA

O circuito foi submetido a um período extenso de funcionamento para avaliar sua durabilidade e confiabilidade a longo prazo. Essa etapa é crucial para garantir que o sistema não só atenda às expectativas iniciais de desempenho, mas também mantenha sua integridade e eficiência ao longo do tempo, especialmente sob condições de uso intensivo.

Figura 8: Acionamento manual.

Fonte: Autores (2024)

Durante o acionamento manual, os componentes foram testados sob estresse para verificar se haveria falhas ou desgastes prematuros. Isso simula o uso real, onde a intervenção manual pode ser mais frequente e exigente para o sistema.

As Figuras 9 e 10 documentam o teste de resistência, fornecendo evidências visuais da capacidade do circuito de suportar o uso contínuo. Essas imagens são fundamentais para demonstrar que o sistema pode operar de forma confiável, mesmo sob as demandas mais rigorosas.

Figura 9: Acionamento manual para uso intensivo.

Fonte: Autores (2024)

A Figura 10, que mostra a bomba d'água sendo acionada manualmente, é uma parte crucial da fase de teste intensivo a longo prazo. O acionamento manual durante esta fase é intencional e serve para testar a resistência e a confiabilidade da bomba sob condições de operação prolongadas. Isso permite aos avaliadores entender como a bomba e o circuito se comportam sob uso contínuo, o que é essencial para garantir que o sistema permanecerá operacional e eficiente ao longo do tempo.

Esses testes são projetados para simular o uso real e frequente da bomba, incluindo o desgaste que ocorreria em condições normais de operação. Ao acionar a bomba manualmente, pode-se observar diretamente a resposta e o desempenho, além de identificar quaisquer problemas potenciais que possam surgir após um uso extensivo.

Figura 10: Teste de resistência.

Fonte: Autores (2024)

3.12. RESULTADOS OBTIDOS

Os testes de campo indicaram que o circuito apresentou desempenho estável e confiável nas condições analisadas. Não foram identificadas falhas nem desvios em relação aos parâmetros estabelecidos. Verificou-se precisão na resposta às variações no nível de água, com acionamento da bomba dentro do intervalo de tempo previsto. A durabilidade dos componentes também se mostrou satisfatória, sem evidência de desgaste ou falhas mecânicas.

Dessa forma, conclui-se que o circuito se encontra tecnicamente qualificado para implementação definitiva, demonstrando robustez e confiabilidade no controle automático da bomba d'água. Os resultados obtidos durante os testes de campo confirmam a eficácia do sistema e a viabilidade de sua aplicação prática.

3.13. MONITORAMENTO CONTÍNUO

Após a instalação, torna-se necessário o monitoramento contínuo do sistema, a fim de garantir sua operação adequada. Esse acompanhamento será realizado por meio de inspeções visuais regulares, prática recomendada para sistemas de controle automático.

A inspeção visual consiste na avaliação sistemática do estado geral do sistema e de seus componentes. Essa avaliação contempla a identificação de sinais evidentes de danos ou desgaste, como vazamentos, corrosão ou quebras. Cada elemento do sistema — incluindo bomba, interruptores e fiações — deve ser cuidadosamente examinado para detecção precoce de possíveis falhas.

Sempre que possível, o sistema deve ser observado em funcionamento, uma vez que certos problemas somente se manifestam durante a operação. Exemplos incluem ruídos anormais, vibrações excessivas ou variações inesperadas na pressão da água, que podem indicar falhas latentes.

Além disso, é recomendável manter registros detalhados de todas as inspeções realizadas. Toda ocorrência identificada, bem como as medidas corretivas aplicadas, devem ser devidamente documentadas. Essa prática contribui para o histórico de manutenção do sistema e pode auxiliar na identificação de padrões ou tendências que indiquem problemas recorrentes ou emergentes.

Em síntese, inspeções visuais periódicas constituem uma estratégia eficaz de monitoramento, contribuindo para a operação segura e eficiente do sistema de controle da bomba de água periférica. Aliadas a outras formas de acompanhamento, essas inspeções reforçam a confiabilidade e a longevidade do sistema.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidencia a relevância do desenvolvimento de um circuito de controle automático para bombas d'água que seja eficiente, seguro e adaptável a diferentes contextos operacionais. O sistema foi projetado com atenção às exigências técnicas e ambientais, assegurando proteção contra variações climáticas e promovendo uma operação estável e eficaz.

Os resultados obtidos demonstraram que o circuito é capaz de manter o fluxo de água conforme o necessário, reagindo de maneira precisa às variações nos níveis de água. A funcionalidade de alternância entre os modos manual e automático, por meio de chave

seletora, mostrou-se uma característica relevante, oferecendo versatilidade e maior controle operacional.

A conformidade com as normas técnicas contribuiu para a segurança e confiabilidade do sistema, enquanto o monitoramento contínuo, associado às inspeções visuais regulares, favoreceu a manutenção preventiva e a durabilidade da instalação.

Conclui-se que o circuito proposto constitui uma solução técnica viável e eficaz para o gerenciamento automatizado de recursos hídricos. A validação dos testes confirma sua aplicabilidade prática, reforçando a importância de projetos bem elaborados e monitorados para a otimização operacional e conservação dos recursos naturais.

Este trabalho evidencia que a integração entre inovação tecnológica e práticas de manutenção proativas pode gerar avanços significativos na gestão ambiental, promovendo o uso sustentável da água e contribuindo para a eficiência de sistemas hidráulicos automatizados.

REFERÊNCIAS

[1] ABNT NBR 5626:2020. **Sistemas prediais de água fria e água quente. Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT. 2020. 1 p. ISBN 978-65-5659-267-1**. Disponível em: NBR-5626-2020.pdf (normadedesempenho.com.br). Acesso em: 19 mar. 2024.

[2] CJX2. **Manual do Produto: Contator Tripolar CJX2-4011 com Relé Térmico** LR2-D3353. Disponível em: https://lukma.com/pdfs/101.pdf. Acesso em: 19 mar. 2024.

[3] COSTA, M., & SOUZA, R. **Controle Automático: Uma Revisão**. 2022. Disponível em: SciELO - Brasil - Controle Automático Controle Automático. Acesso em: 19 mar. 2024.

[4] Fortlev. **Manual do Produto: Tanque Fortlev 1000L. Fortlev**. Disponível em: https://www.fortlev.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Manual-Catalogo-Tecnico-Tanque-Fortlev.pdf. Acesso em: 19 mar. 2024.

[5] KSB. **Manual do Produto: Bomba Periférica Hydrobloc P500T NG. KSB Company**. Disponível em: https://www.pro-servicebombas.com.br/assets/files/HYDROBLOC_P.pdf. Acesso em: 19 mar. 2024.

[6] LAY5. **Manual do Produto: Chave Seletora 2 Posições 45º com 2 Blocos de Contato NA.** Disponível em: https://admin.sibratec.ind.br/public/produtos/anexos/chaves_seletoras_sem_iluminacao_sibratec.pdf. Acesso em: 19 mar. 2024.

[7] MINIPA. **Alicate Amperímetro Digital ET-3200**. Disponível em: https://www.minipa.com.br/categoria/1/alicates. Acesso em: 18 mar. 2024.

[8] MINIPA. **Manual do Produto: Alicate Amperímetro ET-3200**. Disponível em: https://www.minipa.com.br/images/Manual/ET-3200A-1107-BR.pdf. Acesso em: 18 mar. 2024

[9] NONATO. L. **Gestão da Inovação - Desenvolvimento tecnológico: o que é e qual a importância. 2024**. Disponível em: https://blog.aevo.com.br/desenvolvimento-tecnologico/. Acesso em: 18 mar. 2024.

[10] PEREIRA, A**. Tecnologia e Sociedade: Impactos e Benefícios. 2023**. Disponível em: Relação Entre Tecnologia e Sociedade: Impactos e Possibilidades (rabiscodahistoria.com). Acesso em: 19 mar. 2024.

[11] Pereira, C. **Nova Eletrônica, Controle Automático de Bomba D'Água. 2023**. Disponível em: https://blog.novaeletronica.com.br/controle-automatico-de-bomba-dagua-pelo-nivel-da-caixa-dagua/. Acesso em: 19 mar. 2024.

[12] OLIVEIRA, S. R. S. L., & SILVA, V. S. da. Sustentabilidade ambiental e inovação tecnológica: caminhos à eco inovação. Revista De Direito Econômico E Socioambiental, 14(1), e233, 2023. Disponível em: Sustentabilidade ambiental e inovação tecnológica: caminhos à eco inovação | Revista de Direito Econômico e Socioambiental (pucpr.br). Acesso em: 19 mar. 2024.

[13] SANTOS.G. **Relé Térmico**. Disponível em: https://www.automacaoindustrial.info/rele-termico/#:~:text=Os%20rel%C3%A9s%20t%C3%A9rmicos%20s%C3%A3o%20aparelhos,a%20temperatura%20dos%20enrolamentos%20aumentar%C3%A1. Acesso em: 18 mar. 2024.

[14] SILVA, J., & ALMEIDA, F. **Gestão de Recursos Hídricos: Desafios e Soluções**. 2023. Disponível em: Valérie Nicollier et al..indd (scielo.br). Acesso em: 19 mar. 2024.

[15] THERBA. **Contatores**. Disponível em: https://www.therba.com.br/blog/quais-sao-os-principais-tipos-de-manutencao-industrial#:~:text=O%20contator%20ou%20chave%20contatora,da%20carga%20a%20ser%20gerenciada. Acesso em: 18 mar. 2024.

[16] WEG. **Disjuntor Tripolar MDWP**. Disponível em: https://www.weg.net/tomadas/blog/arquitetura/como-dimensionar-o-disjuntor/. Acesso em: 18 mar. 2024.

[17] WEG. **Manual do Produto/ Especificação técnica: Disjuntor Bipolar 25ª, Curva C**. Disponível em: https://www.viewtech.ind.br/disjuntor-bipolar-25a-curva-c-weg-c25-mini-din-5ka-mdw. Acesso em: 31 mar. 2024

[18] WEG. **Manual do Produto: Disjuntor Geral MDWP-C63A-3. WEG**. Disponível em: https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Controle-Industrial/Controls/Prote%C3%A7%C3%A3o-de-Circuitos-El%C3%A9tricos/Disjuntores/Minidisjuntores/Minidisjuntores-MDW/MINIDISJUNTOR-TERMOMAGN-MDW-C63-3/p/10076465. Acesso em: 31 mar. 2024.

[19] WEG. **Disjuntor Bipolar de Curva C**. Disponível em: https://www.weg.net/catalog/weg/DE/pt/Controls/Disjuntores/Minidisjuntores/MDW---Minidisjuntores/Minidisjuntores-MDW/p/MKT_WDC_GLOBAL_PRODUCT_CIRCUIT_BREAKER_MDW. Acesso em: 18 mar. 2024.

[20] ZPC5. **Manual do Produto: Chave Micro Boia Lateral. ZPC5**. Disponível em: https://admin.sibratec.ind.br/public/produtos/anexos/Manual%20Micro%20Chave%20Boia%20ZPC5.pdf. Acesso em: 31 mar. 2024.

Capítulo 11

Geração de energia elétrica no Amazonas com utilização de gás natural liquefeito

José Clodualdo de Oliveira
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: A aproximação entre os mercados de gás e eletricidade está se intensificando devido à crescente abertura dos mercados de gás e energia elétrica, assim como às restrições ambientais em aumento. As projeções de demanda global de gás natural apontam para um grande crescimento, especialmente no setor de geração de energia. O transporte de gás natural em forma liquefeita, conhecido como GNL, assume um papel importante nessa integração, contribuindo para a globalização dos mercados de gás e eletricidade. Existem recursos de gás natural disponíveis, mas atualmente estão concentrados de forma desigual no Amazonas. Com um único provedor de gás natural na região e condições que dificultam a realização de novos negócios devido aos altos custos de investimento, é essencial considerar novas opções de fornecimento, sendo o GNL uma alternativa interessante. Este estudo examina a viabilidade de um modelo alternativo baseado no fornecimento de GNL, que pode ser utilizado para flexibilizar a oferta de gás natural e otimizar a capacidade de geração elétrica existente no Amazonas.

Palavras-chave: Gás Natural Liquefeito, Energia Sustentável, Amazonas, Infraestrutura Energética, Impacto Ambiental.

1. INTRODUÇÃO

O Amazonas, marcado por sua vasta extensão e diversidade geográfica, enfrenta grandes desafios no fornecimento de energia elétrica, especialmente em áreas remotas. Nesse cenário, o gás natural liquefeito (GNL) surge como uma alternativa promissora para diversificar a matriz energética da região, oferecendo uma solução viável para garantir segurança energética e fomentar o desenvolvimento sustentável (FERREIRA E ROCHA, 2022). O GNL, reconhecido por emitir menos poluentes em comparação a outros combustíveis fósseis, está alinhado às diretrizes globais de redução de emissões e às metas nacionais de sustentabilidade (SILVA e MATOS, 2019).

A viabilidade do GNL no Amazonas é reforçada por estudos recentes que apontam sua eficácia para substituir o diesel, tradicionalmente usado em geradores locais. Sua capacidade de armazenamento e transporte flexível permite superar diversas barreiras logísticas da região, oferecendo uma fonte de energia constante e confiável para áreas isoladas (OLIVEIRA et al., 2020). Além disso, a infraestrutura necessária para o aproveitamento do GNL, embora significativa, é vista como um investimento estratégico capaz de impulsionar o desenvolvimento econômico regional (SANTOS e LIMA, 2021).

No entanto, a implementação do GNL como fonte primária de energia no Amazonas traz desafios que exigem análise cuidadosa. Aspectos regulatórios, econômicos e ambientais precisam ser considerados para garantir que os projetos sejam conduzidos de forma eficiente e sustentável. A regulação adequada é essencial para atrair investimentos e assegurar a operação segura das instalações (COSTA e ALMEIDA, 2022).

O impacto ambiental da exploração do GNL também merece atenção detalhada. Apesar de ser menos poluente que outras fontes fósseis, sua produção e liquefação envolvem processos que podem afetar o meio ambiente local. Por isso, é fundamental que os projetos contem com planos robustos de mitigação de impactos e adotem práticas responsáveis de exploração e uso (BARBOSA e ROCHA, 2023).

Em resumo, o GNL tem potencial para transformar o panorama energético do Amazonas, oferecendo uma fonte mais limpa e eficiente. Contudo, para que esse potencial se concretize, é necessário compromisso com regulamentação rigorosa, investimentos em infraestrutura adequada e vigilância constante dos impactos ambientais e sociais (SOUZA et al., 2024). A adoção do GNL não só pode melhorar a segurança energética na região, mas também servir como modelo para outras áreas com desafios energéticos semelhantes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido por meio de uma pesquisa bibliográfica sistemática, com foco na análise da literatura existente sobre o uso do Gás Natural Liquefeito (GNL) na geração de energia elétrica. A abordagem adotada seguiu os princípios da revisão integrativa, conforme proposto por Ercole, Mello e Alcoforado (2020), que destacam a importância de sintetizar de forma estruturada e abrangente os resultados de pesquisas anteriores.

A primeira etapa consistiu na coleta de dados a partir da leitura criteriosa de artigos científicos, monografias e teses relacionadas ao tema. Esse levantamento envolveu também a análise de gráficos, resultados de estudos empíricos e discussões teóricas que contribuíram para a construção de um referencial sólido sobre o GNL.

Para refinar a busca e garantir a relevância dos materiais selecionados, foram utilizados descritores específicos, como "Gás Natural Liquefeito", "Gás Natural" e "Energia Elétrica". Essa filtragem possibilitou o acesso a conteúdos diretamente relacionados aos objetivos do estudo e contribuiu para ampliar a compreensão sobre o tema, além de identificar lacunas e potenciais caminhos para futuras pesquisas.

Na etapa seguinte, foi realizada uma revisão crítica das fontes selecionadas. Essa análise exigiu do pesquisador uma postura reflexiva e criteriosa, considerando que divergências entre autores são comuns em relação a aspectos técnicos, regulatórios e ambientais do tema. Assim, a credibilidade das fontes, a coerência dos argumentos e o alinhamento com os objetivos da pesquisa foram elementos centrais na construção do embasamento teórico.

Por fim, a análise detalhada dos dados obtidos permitiu a consolidação do estudo. Ao comparar os achados da literatura com o referencial teórico, foi possível não apenas confirmar informações já conhecidas, mas também destacar novas perspectivas sobre a aplicação do GNL no contexto amazônico. Essa etapa final foi essencial para evidenciar os desafios e as oportunidades relacionadas à adoção do GNL como fonte alternativa de energia na região.

3. RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos a partir da análise do desenvolvimento e exploração de reservas de gás natural no estado do Amazonas. O foco recai sobre os campos de gás natural descobertos em Silves e Itapiranga, detalhando as quantidades de gás natural e Gás Natural Liquefeito (GNL) extraídas, bem como a contribuição desses recursos para o mercado energético regional. Além disso, são discutidos os impactos dessas atividades sobre a matriz energética brasileira, destacando o papel estratégico do gás natural no processo de transição energética do país. A análise busca compreender de que forma o aproveitamento desses recursos influencia não apenas a oferta de energia, mas também os desafios ambientais relacionados ao seu uso.

O estado do Amazonas, conhecido por sua biodiversidade e abundância de recursos naturais, abriga reservas significativas de gás natural. Dentre as descobertas mais relevantes, destaca-se o campo de Azulão, localizado no município de Silves, cuja reserva estimada é de aproximadamente 5,9 bilhões de m^3 de gás natural. Além de Silves e Itapiranga, o estado conta com outras bacias importantes, como a situada entre os rios Juruá e Solimões, abrangendo áreas dos municípios de Carauari e Tefé.

Em 2021, foram extraídos cerca de 24 milhões de m^3 de gás natural, dos quais 16,7 mil m^3 foram convertidos em GNL e transportados em 424 carretas para abastecer a Usina Termelétrica (UTE) Jaguatirica. Esse volume evidencia o crescimento do uso de gás natural como fonte energética na região.

Contudo, aumento do consumo de energia está diretamente relacionado ao avanço tecnológico e ao desenvolvimento humano, que também figuram como fatores relevantes nas transformações ambientais globais (FERREIRA et al., 2019). Nesse contexto, a diversificação da matriz energética se mostra essencial, especialmente em países como o Brasil, que possuem ampla disponibilidade de recursos naturais. O país já investe em fontes como hidrelétrica, eólica, solar, biomassa e termelétricas baseadas no gás natural (ROCHA e OLIVEIRA, 2019).

O gás natural tem se consolidado como um recurso estratégico na transição energética de diversos países, inclusive o Brasil. Além de possuir menores índices de emissão de gases de efeito estufa, o gás extraído do pré-sal aponta para uma crescente participação na matriz energética nacional. Em 2018, as fontes renováveis representaram 45% da oferta interna de energia no país (ROMEIRO, 2020).

Entretanto, o mercado brasileiro de gás natural ainda apresenta forte concentração, tanto na produção — dominada pela Petrobras — quanto na operação dos terminais, gasodutos e unidades de processamento. No que se refere ao consumo, o setor termelétrico é o principal demandante, com seu uso variando de acordo com a oferta de energia das hidrelétricas (AZEVEDO, 2017). O auge da demanda por gás natural na geração de energia ocorreu entre 2014 e 2015, período marcado por uma grave crise hídrica no Brasil.

Embora a cadeia produtiva do gás natural tenha evoluído significativamente nos últimos anos, com investimentos e melhorias logísticas, ela também enfrentou momentos de instabilidade, especialmente devido à dependência do gás boliviano (MICHELENA, 2018). A cadeia de valor do setor é composta, geralmente, por cinco etapas principais: (i) exploração e produção; (ii) processamento; (iii) transporte; (iv) distribuição; e (v) consumo final.

O processo de liquefação do gás natural inicia-se com sua extração em instalações terrestres (*onshore*) ou plataformas marítimas (*offshore*), sendo transportado por gasodutos até a "árvore de Natal" — conjunto de válvulas que regula a produção no poço. O gás, ao emergir do reservatório, atinge pressões de até 100 kgf/cm^2 e temperaturas entre 20°C e 30°C. Por conter impurezas como água e compostos de enxofre, ele é direcionado à Unidade de Tratamento Primário (UTP) para passar por processos de purificação.

Após esse tratamento, o gás segue para uma estação de compressão (ZTPS), onde é resfriado com propano. Em seguida, é encaminhado para o Cryobox, onde ocorre a liquefação — por meio da expansão do gás — atingindo temperaturas em torno de -168°C. O GNL é então armazenado em tanques criogênicos a -162°C e transportado em carretas, sendo que cada unidade recebe cerca de 41,5 m^3 de GNL.

No destino final, como em uma UTE, o GNL é descarregado e aquecido em trocadores de calor, utilizando-se água quente ou outro fluido térmico. Esse processo transforma o GNL novamente em gás natural, por vaporização. Antes de ser distribuído, o gás regaseificado pode passar por um tratamento adicional para garantir sua conformidade com os padrões técnicos exigidos. Por fim, é injetado na rede e utilizado para alimentar geradores na produção de energia elétrica.

A Figura 1 apresenta um diagrama esquemático que representa a cadeia de valor do gás natural, abrangendo desde a produção até os pontos finais de consumo. Esse esquema é fundamental para compreender todas as etapas envolvidas no processo de extração, tratamento, transporte e utilização do gás natural. Na etapa de produção, destaca-se:

- Offshore**:** Refere-se à exploração de gás natural em plataformas marítimas. O gás é extraído do subsolo oceânico e direcionado para um tratamento inicial ainda nas proximidades da área de extração.
- Unidade de Processamento de Gás Natural (UPGN)**:** Local responsável pelo processamento do gás bruto, onde são removidas impurezas como água,

compostos sulfurados e outros elementos indesejáveis, tornando o gás apto para transporte e uso.

- Terminal de Regaseificação de GNL**:** Representa a etapa em que o Gás Natural Liquefeito (GNL), importado em estado líquido para facilitar o transporte, é convertido novamente em gás por meio do processo de regaseificação.

Na fase de transporte, o diagrama destaca:

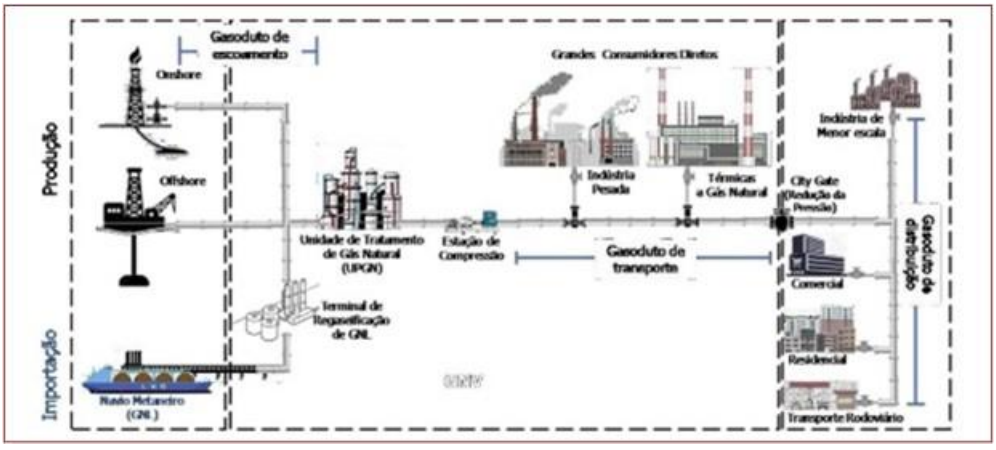
- Gasoduto de Escoamento**:** Conduz o gás natural das unidades offshore até as plantas de processamento em terra.
- Estação de Compressão**:** Instalação responsável por comprimir o gás natural, aumentando sua pressão para que ele possa ser transportado com mais eficiência ao longo de longas distâncias.
- Gasoduto de Transporte**:** Infraestrutura que leva o gás natural processado das UPGNs até as diversas regiões consumidoras, garantindo o abastecimento contínuo.

Por fim, na etapa de consumo, observam-se dois principais destinos:

- Grandes Consumidores Diretos**:** Indústrias de grande porte e usinas termelétricas que utilizam o gás natural em larga escala, geralmente recebendo o insumo diretamente via gasoduto.
- Rede de Distribuição Urbana (Cidade Gás)**:** Sistema de distribuição que leva o gás natural para usos comerciais, residenciais e para o setor de transporte urbano, atendendo consumidores finais em centros urbanos por meio de uma rede estruturada.

Esse fluxo integrado, desde a produção até o consumo, evidencia a complexidade logística e a importância estratégica da cadeia do gás natural no contexto energético nacional.

Figura 1: Processo de Liquefação do Gás Natural



Fonte: CBIE (2018).

4. POTENCIAL DO GNL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO AMAZONAS

4.1. CONTEXTO ENERGÉTICO E AMBIENTAL

A utilização do Gás Natural Liquefeito (GNL) na geração de energia elétrica no estado do Amazonas apresenta-se como uma alternativa estratégica, tanto do ponto de vista ambiental quanto energético. Sua adoção contribui para a redução das emissões de poluentes atmosféricos, promovendo a preservação ambiental e beneficiando diretamente a saúde da população local. Além disso, o GNL colabora para a diversificação da matriz energética regional, diminuindo a dependência de combustíveis fósseis mais poluentes, como o diesel e o óleo combustível, em consonância com políticas públicas voltadas à sustentabilidade (Santana, 2022).

4.2. IMPACTOS ECONÔMICOS E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Do ponto de vista econômico, o GNL oferece vantagens significativas. Sua utilização tende a reduzir os custos operacionais em comparação com fontes convencionais, além de proporcionar maior eficiência energética. Essa eficiência resulta em melhor aproveitamento dos recursos disponíveis e fortalece a competitividade do setor elétrico regional, otimizando o desempenho do sistema como um todo (Jesus, 2023).

4.3. DESAFIOS SOCIOAMBIENTAIS E TECNOLOGIAS APLICADAS

Apesar dos benefícios, o uso do GNL também impõe desafios socioambientais relevantes, especialmente no que diz respeito à preservação da biodiversidade amazônica e à proteção das comunidades tradicionais. A implementação de medidas mitigadoras eficazes é indispensável para reduzir esses impactos. Diversas tecnologias têm sido empregadas na conversão do GNL em energia elétrica, incluindo turbinas a gás e usinas termelétricas, que asseguram uma produção de energia confiável e com maior rendimento (Ramos, 2021; Leão et al., 2022).

4.4. EXPANSÃO E BENEFÍCIOS SOCIAIS

A expansão do uso de GNL no Amazonas pode gerar impactos sociais positivos expressivos, sobretudo ao ampliar o acesso à energia elétrica em comunidades isoladas. Essa ampliação é crucial para promover melhorias na qualidade de vida, estimular o desenvolvimento socioeconômico local e reduzir desigualdades regionais (Nogueira & Neto, 2021).

4.5. IMPACTOS AMBIENTAIS E MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

A geração de energia por meio do GNL, embora mais limpa em relação a outros combustíveis fósseis, ainda pode resultar na emissão de gases de efeito estufa e na possibilidade de contaminação do solo e da água. Portanto, é fundamental adotar tecnologias mais limpas e manter um monitoramento ambiental contínuo. O controle rigoroso dos processos operacionais e a realização de manutenções preventivas são essenciais para garantir a sustentabilidade da atividade (JESUS, 2023).

Em resumo, o uso do GNL para geração de energia elétrica no Amazonas representa uma alternativa promissora, com benefícios ambientais, econômicos e sociais relevantes. Para que esse potencial seja plenamente alcançado, são necessários investimentos em infraestrutura e políticas públicas que incentivem sua adoção. A cooperação entre os setores público e privado será determinante para superar os desafios logísticos e financeiros, garantindo o sucesso das iniciativas de expansão do GNL na matriz energética regional.

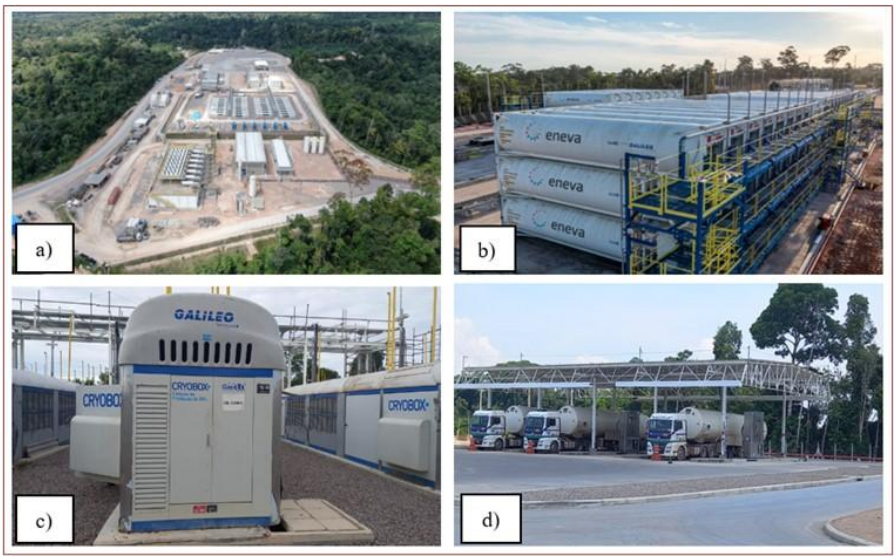
5. INFRAESTRUTURA DE PROCESSAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE GNL NO AMAZONAS

A Figura 2 apresenta uma visão geral da infraestrutura de processamento e distribuição de GNL no estado do Amazonas, ilustrando os principais componentes envolvidos na cadeia logística desse combustível. A Figura 2a mostra a Usina de GNL localizada no município de em Silves, onde é a instalação estratégica para a produção de GNL no estado. A usina está equipada com tecnologia moderna de liquefação, permitindo a conversão do gás natural em seu estado líquido, o que facilita tanto o armazenamento quanto o transporte.

Ainda, o Isocontêiner é apresentado na Figura 2b, este é um equipamento utilizado para o armazenamento e transporte de GNL. Esses contêineres criogênicos mantêm o gás em estado líquido a temperaturas extremamente baixas, assegurando a integridade do combustível durante o transporte.

Posteriormente, podemos destacar a Figura 2c que mostra a Estação de Produção de GNL, unidade esta em operação, onde ocorre o processo de liquefação do gás. A estação é composta por diversas unidades responsáveis por diferentes etapas do processamento, garantindo a eficiência e qualidade na produção do GNL. Finalmente a Figura 2d mostra a base de Carregamento de GNL, mostrando a estrutura onde os caminhões-tanque são abastecidos com GNL para distribuição. Essa base é essencial para viabilizar a entrega do combustível a localidades distantes, especialmente aquelas que não possuem acesso à rede de gasodutos.

Figura 2: Planta no Amazonas de Gás Natural Liquefeito; a) Usina GNL em Silves; b) soconteiner para GNL; c) Estação de produção GNL; d) Base carregamento GNL



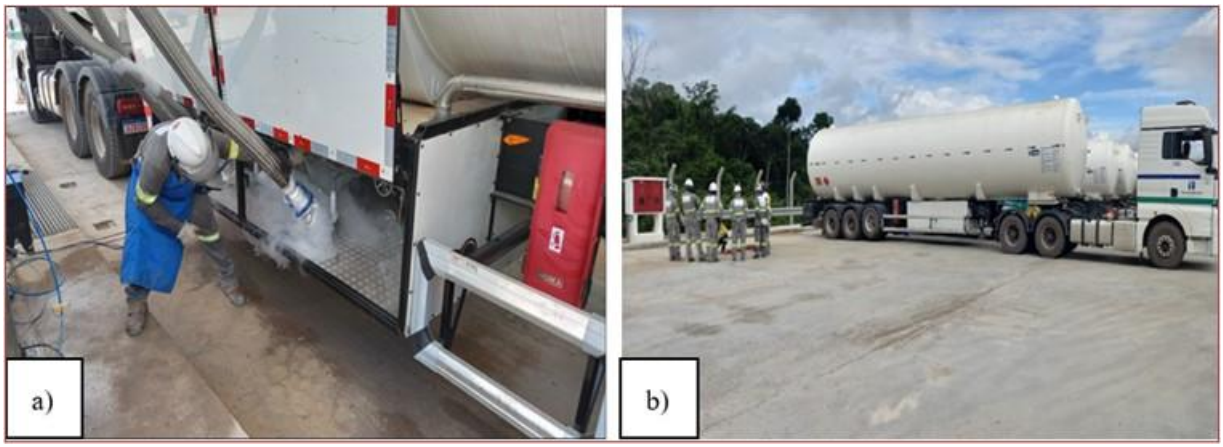
Fonte: Autores (2024)

5.1. OPERAÇÕES DE CARREGAMENTO E TRANSPORTE DE GNL NO AMAZONAS

A Figura 3 apresenta uma visão detalhada das operações de carregamento e transporte de Gás Natural Liquefeito (GNL) em uma instalação localizada no estado do Amazonas. Esta seção tem como objetivo descrever cada elemento da figura, em conformidade com as normas da ABNT para apresentação de figuras em trabalhos acadêmicos, proporcionando uma compreensão clara das etapas logísticas envolvidas no manejo do GNL.

Ao mesmo tempo, a Figura 3a ilustra o processo de carregamento de GNL em um caminhão-tanque, etapa fundamental da cadeia de distribuição. Essa operação ocorre em uma instalação equipada com infraestrutura especializada, projetada para garantir o manuseio seguro e eficiente do GNL. Durante o carregamento, são seguidos protocolos rigorosos de segurança a fim de minimizar riscos de vazamentos, preservar a integridade do combustível e assegurar a continuidade da cadeia logística. O caminhão-tanque criogênico utilizado para o transporte de GNL, é apresentado na Figura 3b. Esses veículos são equipados com tanques isolados termicamente, desenvolvidos para manter o gás natural em estado líquido a temperaturas extremamente baixas, geralmente em torno de -162 °C. O design desses caminhões é essencial para garantir o transporte seguro e eficiente do GNL por longas distâncias, o que é especialmente relevante em regiões remotas e de difícil acesso, como o interior do Amazonas.

Figura 3: Planta no Amazonas de Gás Natural Liquefeito; a) Carregamento GNL em caminhão; b) Caminhão tanque para GNL



Fonte: Autores (2024)

5.2. USINA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A GNL NO AMAZONAS

A usina de geração de energia elétrica a partir de Gás Natural Liquefeito (GNL), localizada no estado do Amazonas, ocupa uma posição estratégica e desempenha um papel essencial no abastecimento energético da região Norte, especialmente para o estado de Roraima. Sua proximidade com os principais centros consumidores da Amazônia favorece um fornecimento contínuo e eficiente de eletricidade, contribuindo para a segurança energética regional (OGN SECO, 2016).

A utilização do GNL como fonte de energia apresenta inúmeras vantagens em relação a combustíveis fósseis convencionais. Dentre os principais benefícios, destaca-se a redução das emissões de poluentes atmosféricos, tornando-se uma alternativa mais limpa e sustentável. Essa característica é particularmente relevante na Amazônia, onde a preservação ambiental é uma prioridade. O GNL, além de possuir alto poder calorífico, apresenta baixo teor de enxofre, o que o torna menos nocivo à saúde humana e ao meio ambiente (SANTANA, 2022).

Apesar das vantagens, a implantação e operação da usina enfrentam desafios consideráveis. Entre eles, destacam-se os entraves logísticos relacionados ao transporte do GNL até o local de operação, bem como as exigências do licenciamento ambiental e a necessidade de monitoramento contínuo dos impactos ambientais. A superação dessas barreiras exige planejamento estratégico, gestão eficiente e o cumprimento rigoroso das normas ambientais vigentes (SANTANA, 2022).

A tecnologia empregada na conversão do GNL em energia elétrica é avançada, baseada em turbinas a gás natural de alta eficiência. Essa escolha tecnológica assegura maior aproveitamento do combustível, reduzindo perdas no processo de conversão e promovendo uma operação mais econômica. Paralelamente, são adotadas práticas de controle ambiental destinadas a mitigar os impactos da operação sobre os ecossistemas locais (LIAW, NETTO, SANTOS, 2020).

A usina também gera impactos sociais positivos, sobretudo ao garantir o fornecimento contínuo de energia elétrica para comunidades remotas da Amazônia. O acesso estável à eletricidade melhora as condições de vida da população, viabilizando o funcionamento de serviços essenciais como saúde, educação e comunicação. Além disso, a eletrificação dessas áreas favorece o desenvolvimento regional ao atrair investimentos em infraestrutura e fomentar atividades econômicas locais (RAMOS, 2021).

Do ponto de vista socioeconômico, a usina representa uma oportunidade de desenvolvimento para a região. A geração de empregos diretos e indiretos dinamiza a economia das comunidades próximas, enquanto a presença da unidade industrial estimula a cadeia produtiva do gás natural. Isso impulsiona novos investimentos e parcerias, promovendo o crescimento sustentável do setor energético (SILVA, CADENA, DEL PINO, 2019).

As perspectivas futuras para a expansão da geração de energia elétrica a partir do GNL no Amazonas são animadoras. O potencial de crescimento do setor na região abre espaço para novos projetos e investimentos em infraestrutura energética. A diversificação da matriz energética, com maior participação do gás natural, pode reduzir a dependência de fontes mais poluentes e onerosas, consolidando uma base energética mais sustentável para a Amazônia. Políticas públicas que incentivem o uso do GNL como fonte primária de energia podem fortalecer ainda mais o setor, promovendo segurança energética e desenvolvimento regional (PEREIRA, 2020).

5.3. DESCRIÇÃO DA USINA

A usina de geração de energia elétrica localizada no Amazonas encontra-se estrategicamente próxima às fontes de Gás Natural Liquefeito (GNL) da região, o que assegura um suprimento contínuo e confiável para sua operação. Essa proximidade reduz significativamente os custos logísticos e de transporte, aumentando a eficiência operacional e a sustentabilidade do empreendimento. Além disso, a localização favorece

o atendimento à crescente demanda por eletricidade na região amazônica, contribuindo diretamente para o desenvolvimento econômico e social (JUNIOR, 2017).

As tecnologias empregadas na conversão do GNL em energia elétrica são modernas e altamente eficientes. A utilização de turbinas a gás com elevado desempenho energético permite maximizar o aproveitamento do combustível, ao mesmo tempo em que reduz as emissões de gases poluentes. Dessa forma, a usina opera dentro de padrões ambientais mais rigorosos, promovendo uma geração de energia limpa e sustentável (OGN SECO, 2016).

Com uma capacidade instalada significativa, a usina é capaz de atender de forma segura à demanda energética local, assegurando um fornecimento estável de eletricidade. Essa capacidade também permite, em determinados contextos, a exportação de excedentes para outras regiões, fortalecendo o sistema elétrico nacional e promovendo a integração energética entre estados (SILVA, 2021).

Comparativamente a outras fontes tradicionais, como o diesel e o carvão mineral, o uso do GNL na geração de energia resulta em menores impactos ambientais. Por apresentar menor emissão de gases de efeito estufa e reduzido teor de poluentes, o GNL é considerado uma alternativa mais limpa e menos agressiva ao meio ambiente. Além disso, os sistemas tecnológicos adotados na queima do GNL apresentam alta eficiência térmica, o que reduz o desperdício de energia durante o processo de geração (NOUGUEIRA, NETO, 2021).

Embora os investimentos necessários para a implantação e operação da usina sejam elevados, especialmente em relação à infraestrutura, equipamentos e qualificação de mão de obra, a viabilidade econômica do projeto é sustentada pela demanda crescente por eletricidade na região e pelos impactos socioeconômicos positivos gerados pela usina. A longo prazo, os benefícios superam os custos iniciais, justificando a expansão da capacidade instalada.

A instalação da usina traz consigo benefícios relevantes para a economia local. A geração de empregos diretos e indiretos, tanto na fase de construção quanto na operação, estimula a movimentação econômica regional. Além disso, o desenvolvimento da infraestrutura energética contribui para a melhoria das condições sociais das comunidades próximas, por meio do fortalecimento dos serviços públicos e da inclusão energética (LEÃO, PINTO, SARKIS, 2022).

Com as atuais tendências do mercado energético voltadas à adoção de fontes mais limpas e à descarbonização da matriz, o GNL se consolida como uma solução de transição viável e estratégica para o contexto amazônico. O suporte de políticas públicas voltadas à geração sustentável reforça ainda mais o papel do GNL como vetor de desenvolvimento para o setor energético do estado do Amazonas (JESUS, 2023).

6. PROCESSO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO GNL NO AMAZONAS

A geração de energia elétrica no Amazonas é essencial para suprir a demanda crescente resultante do aumento populacional e da expansão econômica da região. Nesse contexto, torna-se fundamental implementar fontes de energia confiáveis, eficientes e ambientalmente responsáveis. O Gás Natural Liquefeito (GNL) destaca-se como uma das principais alternativas por oferecer menor impacto ambiental em comparação aos combustíveis fósseis tradicionais, além de contar com uma infraestrutura internacional

consolidada para transporte e armazenamento. Sua utilização representa uma estratégia eficaz para diversificar a matriz energética do Amazonas e promover a sustentabilidade no setor (OGN SECO, 2016).

6.1. PROCESSO E LOGÍSTICA

O processo de geração de energia elétrica a partir do Gás Natural Liquefeito (GNL) envolve diversas etapas críticas, que se iniciam com o transporte do gás e culminam em sua conversão em eletricidade nas usinas geradoras. A logística necessária para garantir o abastecimento contínuo das usinas é complexa e exige um planejamento detalhado, especialmente em regiões remotas como a Amazônia. Além disso, os sistemas de segurança e controle operacional desempenham um papel essencial na eficiência e confiabilidade das instalações. A integração eficiente de todos os componentes da cadeia — transporte, armazenamento, regaseificação e geração — é determinante para o desempenho do sistema como um todo (PEREIRA, 2020).

6.2. DESAFIOS E INVESTIMENTOS

A implantação de usinas movidas a GNL enfrenta uma série de desafios, entre os quais se destacam os entraves logísticos relacionados ao transporte do gás até áreas de difícil acesso, bem como as preocupações ambientais quanto aos impactos das atividades operacionais. A superação desses desafios requer investimentos expressivos em infraestrutura, incluindo a construção de terminais portuários especializados, gasodutos e unidades geradoras. Esses empreendimentos demandam não apenas recursos financeiros consideráveis, mas também a mobilização de capital humano qualificado. Nesse contexto, a cooperação entre os setores público e privado é fundamental para viabilizar os projetos e garantir que o desenvolvimento ocorra de forma equilibrada e sustentável (Silva, Cadena, Del Pino, 2019).

6.3. BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

A geração de energia elétrica por meio do GNL pode gerar impactos socioeconômicos positivos expressivos no estado do Amazonas. Entre os principais benefícios estão a dinamização da economia local, o estímulo à industrialização e a geração de empregos diretos e indiretos. A diversificação da matriz energética por meio da inclusão do GNL contribui para aumentar a segurança energética regional, reduzindo a dependência de fontes mais poluentes e instáveis. Essa transformação impulsiona oportunidades para empresas e profissionais locais, promovendo o crescimento econômico sustentável.

Em termos de perspectivas futuras, o Amazonas possui potencial para se tornar uma referência em sustentabilidade energética. A incorporação de fontes renováveis, como a energia solar e pequenas centrais hidrelétricas, pode complementar o uso do GNL, fortalecendo a matriz energética da região. Nesse cenário, políticas públicas que incentivem a transição energética e investimentos coordenados em infraestrutura serão essenciais para consolidar esse novo modelo de desenvolvimento (Jesus, 2023; Leão, Pinto, Sarkis, 2022).

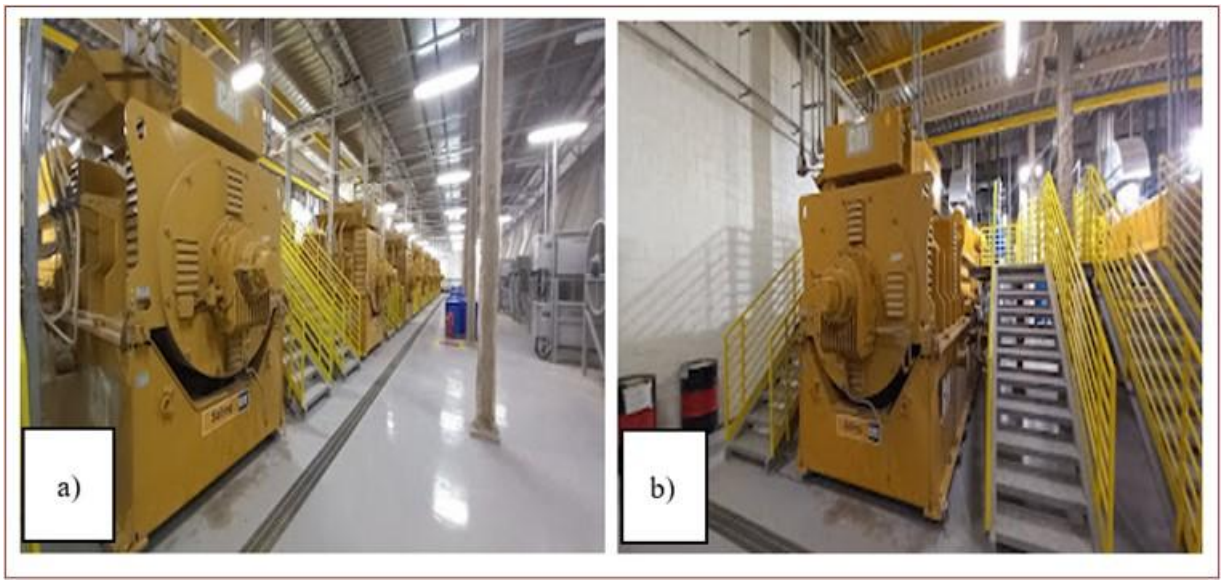
6.4. REPRESENTAÇÃO VISUAL DA INFRAESTRUTURA DE AUTOGERAÇÃO

A Figura 4 apresenta uma representação esquemática da infraestrutura de autogeração de energia em uma planta de processamento de Gás Natural Liquefeito (GNL). A seguir, é apresentada a descrição detalhada de cada elemento da imagem, conforme as normas da ABNT para trabalhos acadêmicos.

Na Figura 4a, observa-se o Salão de Máquinas, setor dedicado à autogeração da empresa, composto por sete grupos geradores movidos a gás natural. Esses geradores são essenciais para garantir a operação contínua da planta, cuja demanda energética é de 15 megawatts. A capacidade instalada desse conjunto é dimensionada especificamente para atender a essa demanda, assegurando autonomia e confiabilidade energética (Figura 4a).

Já a Figura 4b apresenta um dos motores utilizados nos grupos geradores, movido a gás natural. Cada unidade tem capacidade de geração aproximada de 3,2 megawatts. Esses motores são elementos-chave no processo de autogeração, contribuindo significativamente para a eficiência energética e para a independência operacional da planta.

Figura 4: Autogeração a GN; a) Salão de Máquinas; b) Motores movidos a GN



Fonte: Autores (2024)

7. RESULTADOS E BENEFÍCIOS DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM GNL NO AMAZONAS

A utilização do Gás Natural Liquefeito (GNL) na geração de energia elétrica no Amazonas tem apresentado resultados expressivos, especialmente na redução das emissões de gases poluentes. A substituição de combustíveis fósseis mais agressivos, como o diesel e o óleo combustível, por GNL resultou em significativa diminuição dos poluentes atmosféricos, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar e para a mitigação dos impactos à saúde da população local (SANTANA, 2022). Além disso, a eficiência energética proporcionada pelo GNL tem fortalecido a estabilidade e a confiabilidade no fornecimento de eletricidade, consolidando a segurança energética da região (LIAW, NETTO, SANTOS, 2020).

7.1. VANTAGENS ECONÔMICAS

A adoção de tecnologias baseadas em GNL também gerou importantes benefícios econômicos para o Amazonas. A redução nos custos de produção de energia tornou o processo mais eficiente e economicamente sustentável, refletindo diretamente em tarifas mais acessíveis para os consumidores finais. Esse cenário favoreceu um ambiente propício ao desenvolvimento econômico local e regional (JUNIOR, 2017).

7.2. CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E BIODIVERSIDADE

Os ganhos ambientais decorrentes da substituição de combustíveis fósseis por GNL têm sido essenciais para a preservação da biodiversidade amazônica. A menor emissão de poluentes e o impacto reduzido sobre os ecossistemas locais contribuem significativamente para a conservação dos recursos naturais e para o equilíbrio ambiental da região.

7.3. DESAFIOS E PARCERIAS ESTRATÉGICAS

Apesar dos avanços, a implementação e operação de usinas movidas a GNL enfrentam desafios relevantes, como questões logísticas de transporte e armazenamento do combustível, além de exigências relacionadas ao licenciamento ambiental. Para superar essas barreiras, é fundamental a elaboração de estratégias integradas e a formação de parcerias estratégicas entre o setor privado e instituições governamentais. Essa colaboração tem se mostrado essencial para viabilizar os projetos e garantir sua eficácia e sustentabilidade (RAMOs, 2021).

7.4. PERSPECTIVAS FUTURAS

As perspectivas para a expansão da geração elétrica a partir do GNL no Amazonas são bastante promissoras. A expectativa é que novos projetos sejam implementados para atender à crescente demanda por energia na região, ampliando os benefícios sociais e econômicos. Estão em desenvolvimento tecnologias mais avançadas, voltadas para o aumento da eficiência energética e para a redução dos impactos ambientais associados à geração termoelétrica com GNL (NOGUEIRA e NETO, 2021).

7.5. ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DO USO DE GNL

O GNL, em comparação com outros combustíveis fósseis, apresenta uma composição mais limpa, o que resulta em menores impactos ambientais e melhora na qualidade do ar. Além disso, sua integração com fontes renováveis, como solar e hídrica, possibilita a criação de sistemas energéticos mais estáveis e flexíveis, garantindo o fornecimento contínuo mesmo em condições climáticas adversas. No entanto, os desafios logísticos, especialmente relacionados ao transporte e armazenamento, exigem investimentos em infraestrutura, como terminais de regaseificação e gasodutos, além de um planejamento operacional robusto (Pereira, 2020).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se uma tendência global de expansão da capacidade de geração de energia com base em fontes renováveis e limpas, impulsionada pela necessidade urgente de

mitigar os impactos ambientais causados pelo uso intensivo de combustíveis fósseis. Além de contribuírem significativamente para o aquecimento global, essas fontes provocam sérios danos a ecossistemas sensíveis, como os encontrados na Amazônia.

Nesse contexto, o papel da geração termelétrica, especialmente por meio do GNL, continua sendo fundamental na composição da matriz elétrica brasileira. A característica hidrotérmica do sistema elétrico nacional exige fontes complementares que garantam a segurança e a estabilidade do suprimento. O gás natural, e em particular o GNL, assume papel estratégico nessa transição energética, já que, no cenário atual, ainda é inviável depender exclusivamente de fontes 100% renováveis. A adoção do GNL, portanto, representa um passo relevante em direção a uma matriz mais limpa, segura e equilibrada, aliando desenvolvimento regional à responsabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

[1] ABC DE JESUS, DD DE JESUS**. Transformações espaciais na Amazônia: As cidades de Silves e Itapiranga e o novo projeto de exploração de gás natural**. Revista Verde Grande, 2023. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/verdegrande/article/view/6660>.

[2] AZEVEDO JUNIOR, P.C. **Rede logística de Gás Natural para abastecimento de embarcações na Amazônia brasileira.** Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/6403>.

[3] AZEVEDO, J. S. Gabrielli de **Mudanças no Mercado de GNL Intensificam Disputas Geopolíticas**. Brasil Debate, 2017.

[4] BOTÃO, R. P.; et al. Análise SWOT aplicada em projeto de geração de energia tendo como fonte o gás natural diante das possibilidades de expansão da demanda por GNL no contexto do mercado do gás. **Revista Brasileira de Energia**, v. 29, n. 1, p. 32-48, 2023.

[5] CAPUTO FM, COSTA HK de M. Comercialização de gás natural no mercado secundário: uma análise do substitutivo ao Projeto de Lei nº 6407/2013. **ANAIS XI CBPE**. 2018

[6] CEZARINI, E.C.A; SILVA, R.G. gás natural: sua importância para a transição energética e a escaladade preços. **Ciência, tecnologia e Inovação no Brasil**, 2022.

[7] COSTA, G.F; ALFRADIQUE, M. Estimativa de custos para a interiorização do gás natural no Brasil via GNC e GNL. **Rio Oil & Gas Expo And Conference**, 2020.

[8] COSTA, H.K.M.. A regulação do gás natural no Brasil. Rio de Janeiro: Lumen Juris., 2019.

[9] ENERGYIN Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**., v 81, 2019.

[10] ERCOLE, F; MELO, L; ALCOFORADO, C. Revisão integrativa versus revisão sistemática. **Rev Mineira de Enfermagem**, Belo Horizonte, 2020.

[11] FERREIRA. A. et al. Economic overview of the use and production of photovoltaic solar

[12] GERMEK, K.S; SILVA, R.J. Uso do gás natural liquefeito (GNL) na geração de energia elétrica esua importância na segurança e na transição energética. **Ciência, tecnologia e Inovação no Brasil**, 2022.

[13] LEÃO, W.; PINTO, C.; SARKIS, S. **Viabilidade da utilização do gás natural e de suas tecnologias na cidade de Manaus**. Concilium, 2022. Disponível em: <http://clium.org/index.php/edicoes/article/view/446>.

[14] LIAW, C.; NETTO, A. L. A.; SANTOS, E. M. dos. **Novas fronteiras de expansão para o gás natural: o suprimento em pequena escala por meio da malha ferroviária brasileira**. Disponível em: <https://www.letracapital.com.br/wp-content/uploads/2021/01/978-65-87594-45-3_Oportunidades-e-Desafios-do-Gas-Natural.pdf#page=124>.

[15] MICHELENA, B. D. **Modelo temporal da oferta e demanda do gás natural liquefeito no Brasil.** / Bruno Dantas Michelena. Salvador, 2018.

[16] NOGUEIRA, R. J. B; NETO, T. O. **A geografia do gás na Amazônia brasileira. Revista Tempo do Mundo**, 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Thiago-Neto-

2/publication/359330575_A_GEOGRAFIA_DO_GAS_NA_AMAZONIA_BRASILEIRA/links/623513f1d1e27a083bbab069/A-GEOGRAFIA-DO-GAS-NA-AMAZONIA-BRASILEIRA.pdf>.

[17] NORONHA, D. P.; FERREIRA, S. M S. P**. Revisões de literatura**. In: CAMPELLO, Bernadete Santos; CONDÓN, Beatriz Valadares; KREMER, Jeannette Marguerite (orgs.) Fontes de informação para pesquisadores e profissionais. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

[18] PEREIRA, S. A. **O GNL como mecanismo de flexibilização no fornecimento de gás natural para geração termelétrica no Amazonas**. Orientador: Edinaldo José de Sousa Cunha. 2020. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará. Belém, 2020.

[19] PINTO, J. G. C. **Estudo dos impactos provocados pela implementação da planta GNL- Beaço no município de Viqueque, Timor Leste.** 2020. 42 f. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia de Energias. Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável. Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. Redenção-CE, 2020.

[20] QUINTSLR, E. M. O aumento da oferta de GNL e o impacto na vulnerabilidade energética da Europa. **UFRJ**, 2018.

[21] ROCHA, A. M; OLIVEIRA, L. C. S. Análise e avaliação das potencialidades econômicas, geração de energia e dos impactos socioambientais oriundos das atividades da usina termelétrica Jesus Soares Pereira – UTE JSP/Termoaçu, localizada no município de Alto do Rodrigues/RN IBEAS – **Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais**, 2019.

[22] ROMEIRO, D. L. Contratação de térmicas a gás natural no brasil em tempos de reformas. **Rio Oil & Gas Expo and Conference**, 2020.

[23] SANTANA, J. C. **O papel do gás natural na diversificação e segurança da matriz elétrica brasileira** (2015–2030). Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em ...). 2022. Disponível em: https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/21793.

[24] SANTOS, B.C; et al: Políticas Públicas de Incentivo a Geração de Energia Fotovoltaica. **Episteme Transversalis**, [S.l.], v. 10, n. 1, abr. 2019.

[25] SANTOS, E. M; PEYERL, D.; ABREU NETTO, A. L. **Oportunidades e Desafios do Gás Natural e do Gás Natural Liquefeito no Brasil** [recurso eletrônico] / organização. - 1. ed. - Rio de Janeiro: Letra Capital, 2020.

[26] SEVERINO, A. J. 1941- **Metodologia do trabalho Cientifico**.-23.ed.rev. e atual.- São Paulo: Cortez, 2007.

Capítulo 12

Técnicas construtivas em ambientes internos com drywall: uma comparação analítica de custo-benefício entre o sistema alvenaria convencional

Josué Osmar Lima Alfaia
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: Esse trabalho apresenta um estudo comparativo analítico entre o sistema de vedação interna em *drywall* e o sistema de vedação interna em alvenaria convencional. Foi realizado um levantamento de dados para a elaboração de tabelas simples que apresentem as diferenças de custos para a construção de ambas as vedações. Analisaremos as vantagens e desvantagens do sistema de *drywall* para a aplicação em vedação interna desde seu processo de construção até a etapa de recebimento da pintura. Realizaremos um estudo de caso na construção de duas salas de aula na Faculdade X para definirmos qual método construtivo terá o melhor custo benéfico para construção. Podemos concluir que a utilização da vedação em *drywall* é mais ágil em sua execução, diminuindo o peso da estrutura e tendo uma vasta versatilidade, porém sua alta precificação em determinadas localidades acaba encarecendo este método.

Palavras-chave: Sistema, Vedação, Drywall, Custo.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil apresentou crescimento industrial significativo nos últimos anos, impulsionado por diversos fatores, entre eles o avanço tecnológico, que tem contribuído para a redução dos custos do produto final (ARAUJO, 2022). Trata-se de um dos setores mais relevantes para a economia global, embora também se destaque como uma das atividades econômicas com maior impacto ambiental, em função do elevado consumo de recursos naturais e da geração de resíduos. De acordo com Fernandes (2019), a intensa competitividade no setor construtivo estimula as empresas a buscarem formas de se diferenciar no mercado. Contudo, essa busca por destaque frequentemente resulta em deficiências no processo produtivo, como falhas no planejamento, baixa qualidade das edificações e outros problemas durante a vida útil das construções.

Segundo Cassar (2018), ao comparar a indústria da construção civil brasileira com a de outros países, observa-se uma demanda crescente por métodos construtivos mais eficientes e racionalizados, que incentivem o uso de novas tecnologias. Uma das alternativas nesse cenário é o sistema de vedação em *drywall*, constituído por estruturas metálicas revestidas com chapas de gesso acartonado. Esse método apresenta vantagens como menor desperdício de material, rapidez na instalação e redução de carga nas estruturas. Entretanto, para Silva (2018), o sistema ainda enfrenta resistência por parte de construtoras e clientes, dificultando sua aceitação.

A primeira versão da placa de *drywall*, originalmente chamada de "placa Sackett", foi desenvolvida por Augustine Sackett em 1894, nos Estados Unidos. Consistia em quatro folhas de papel, lã e camurça, com quatro camadas de gesso úmido. Em 1910, a Gypsum Company lançou o “Gypsum Board”, que substituiu parte das camadas anteriores por suporte de papel cartão (FERSAN, 2020). O sistema *drywall* foi introduzido no Brasil em 1970, mas passou a ser utilizado com maior frequência a partir da década de 1990. Atualmente, segue os parâmetros da norma NBR 15575, sendo o único sistema aplicável tanto em paredes quanto em tetos e revestimentos (Silva, 2018). Em estudo comparativo entre *drywall* e alvenaria convencional, Silva (2022) concluiu que o *drywall* apresenta maior agilidade na execução, menor peso estrutural e menor geração de resíduos.

Na região Norte do Brasil, o uso do *drywall* ainda enfrenta dificuldades de consolidação, sendo a alvenaria convencional o método predominante de vedação em ambientes internos. Guimarães (2021) aponta que a alvenaria tradicional permanece amplamente utilizada no país devido à simplicidade de execução, à ampla disponibilidade de mão de obra qualificada e à influência cultural, o que dificulta a inserção de métodos construtivos mais modernos.

Contudo, na cidade de Parintins o alto custo da mão de obra especializada e o encarecimento dos insumos impactam negativamente a viabilidade do uso do *drywall*, além da limitação de conhecimento técnico local sobre o método. Santos (2021) destaca que a engenharia civil tem enfrentado instabilidades nos preços, com os materiais e insumos determinando o custo final das obras, o que torna difícil manter a qualidade e os padrões exigidos.

Este estudo tem como objetivo apresentar a técnica de construção com *drywall* aplicada a ambientes internos, por meio da análise comparativa entre esse sistema e a alvenaria convencional. A investigação se concentra na construção de duas salas de aula na Faculdade X, com foco na análise de custo-benefício de ambos os métodos, considerando aspectos técnicos, econômicos e funcionais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada neste trabalho caracteriza-se por uma abordagem qualitativa, com levantamento de preços e insumos junto a fornecedores locais, aplicada em um estudo de caso. O objetivo é comparar os custos e os benefícios associados à construção de dois ambientes internos com vedação em *drywall* e alvenaria convencional, atendendo aos propósitos da pesquisa.

Inicialmente, realizou-se o estudo do processo de construção e dos custos relacionados à técnica *drywall*, amplamente empregada na construção civil para redução de desperdícios e otimização de recursos. A coleta de dados foi realizada junto a fabricantes e fornecedores, permitindo a elaboração de tabelas que organizam as principais características dos materiais e sistemas construtivos utilizados.

A pesquisa também analisou aspectos como isolamento acústico e térmico das vedações. Para isso, foram utilizadas paredes de *drywall* compostas por duas chapas de gesso acartonado (uma de cada lado), com preenchimento de lã mineral no interior. Os dados comparativos foram obtidos a partir da construção de duas salas de aula com dimensões de 4,40 m × 9,05 m e 5,95 m × 9,05 m.

Durante a execução das obras, todas as etapas de construção foram acompanhadas com o objetivo de levantar informações precisas sobre materiais e insumos utilizados, baseando-se também em dados atualizados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Com base nos dados obtidos, foram elaboradas tabelas comparativas entre os custos das vedações internas em *drywall* e alvenaria, de modo a identificar o método com melhor custo-benefício.

Para a realização deste estudo, foram consultadas diversas fontes e aplicada a metodologia em um estudo de caso nas instalações da Faculdade X. O nome da faculdade foi ocultado para manter o seu anonimato. Os dados foram coletados com o engenheiro responsável pela obra, bem como com profissionais envolvidos na execução. O trabalho busca apresentar comparações entre os métodos construtivos, evidenciando vantagens e desvantagens de cada sistema, de forma a orientar a escolha da técnica mais vantajosa do ponto de vista técnico e econômico.

3. RESULTADOS

Este estudo tem como objetivo investigar a utilização de placas de gesso acartonado em sistemas de vedação interna, técnica amplamente empregada na construção civil com o propósito de reduzir custos e minimizar desperdícios. Com base em normas técnicas, artigos científicos, publicações técnicas, catálogos de fabricantes, livros especializados e outras fontes acadêmicas, a pesquisa discute a evolução, as características e as aplicações dessa tecnologia nos últimos anos.

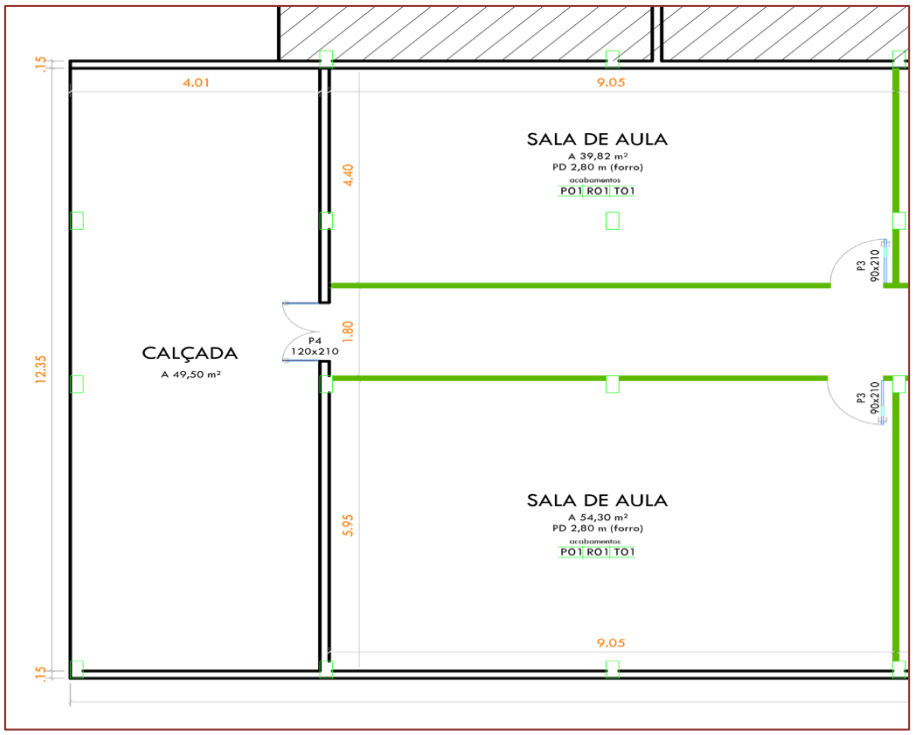
A análise concentra-se nos aspectos de eficiência, durabilidade, resistência e sustentabilidade das vedações em placas de gesso acartonado, em comparação com a alvenaria convencional. Também são abordadas as práticas de instalação e os padrões de qualidade exigidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com foco na conformidade com a norma NBR 15575.

Considerando a crescente demanda por alternativas construtivas mais econômicas, observa-se que o sistema *drywall* tem sido cada vez mais adotado pelas construtoras como substituto à alvenaria tradicional. Neste contexto, o presente estudo

apresenta uma análise comparativa baseada em cálculos e tabelas que indicam a quantidade de materiais necessários para a construção de duas salas de aula na Faculdade X.

As salas analisadas possuem dimensões de 4,40 × 9,05 m e 5,95 × 9,05 m (sem considerar o desconto referente às portas com medidas de 0,90 × 2,10 m), com pé-direito de 2,80 m. Os dados coletados foram organizados para possibilitar a comparação entre as soluções construtivas em alvenaria e em *drywall*. A Figura 1 apresenta a planta do projeto de ampliação do prédio da referida instituição, com a inclusão das duas novas salas de aula.

Figura 1: Projeto de salas de aula da Fametro



Fonte: Faculdade X (2022)

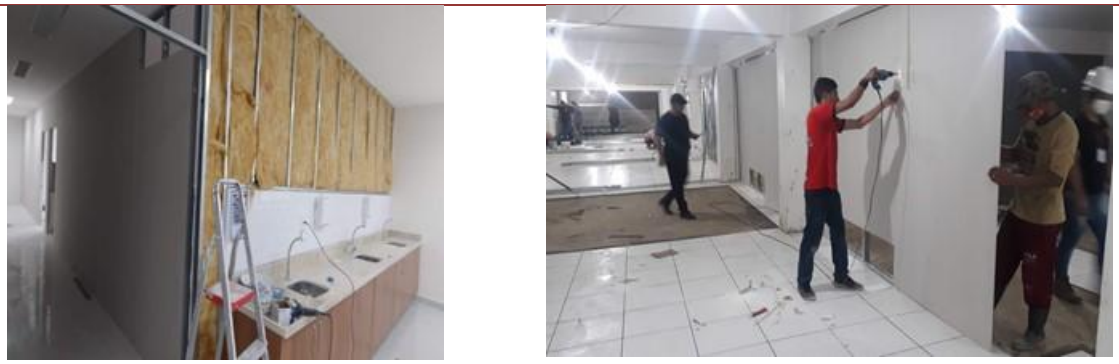
4. ANÁLISE DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO E CUSTOS DE AMBIENTES INTERNOS EM DRYWALL

As paredes construídas com o sistema *drywall* desempenham praticamente as mesmas funções que as paredes de alvenaria convencional. Trata-se de um sistema pré-moldado, composto por perfis de aço galvanizado estruturais e chapas de gesso acartonado fixadas em ambos os lados com parafusos específicos. Uma das principais diferenças entre os dois sistemas está na agilidade de instalação e na significativa redução de peso da estrutura: o sistema *drywall* pode apresentar até 84% menos massa em comparação à alvenaria tradicional. A partir dos dados obtidos, torna-se viável a análise comparativa entre os dois métodos construtivos quanto ao custo-benefício.

As edificações que utilizam o sistema de alvenaria de vedação — também denominado alvenaria convencional — são compostas por elementos estruturais como vigas, pilares e lajes em concreto armado, aos quais se unem as paredes, cuja função principal é apenas vedar e dividir os ambientes. Geralmente, são utilizados blocos cerâmicos nesse tipo de vedação. Tal sistema ainda predomina no Brasil, sobretudo pela ampla disponibilidade de mão de obra sem necessidade de qualificação técnica especializada. No entanto, essa característica pode resultar em patologias construtivas recorrentes, além do aumento de retrabalho e da geração de resíduos sólidos (PEREIRA, 2018).

A Figura 2 ilustra o processo de montagem de uma parede em *drywall*. Na Figura 2a observa-se parte da parede já finalizada e outra em fase de instalação do isolamento térmico e acústico com lã de vidro. Já a Figura 2b mostra a montagem das paredes em *drywall* de uma sala de aula, com a participação de um montador e um auxiliar.

Figura 2: a) Paredes internas em Drywall; b) Parede de vedação em drywall de salas de aula.



(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

A alvenaria de vedação tem como função principal separar ambientes, não possuindo caráter estrutural. Sua capacidade de carga limita-se ao próprio peso e ao peso de elementos instalados, como portas e janelas. Para sua execução, é indispensável o apoio em estruturas resistentes, como vigas e pilares em concreto armado. A Figura 3 ilustra a construção de paredes em alvenaria de vedação convencional durante a execução da obra do restaurante do Museu de Parintins, conduzida pela empresa Figueiredo Comércio e Serviços.

Figura 3: Parede de vedação em alvenaria

Fonte: Autores (2023).

Com base na análise realizada, foram elaboradas tabelas comparativas entre o sistema construtivo em *drywall* e o sistema convencional de alvenaria. A Tabela 1 apresenta de forma objetiva as principais vantagens e desvantagens do sistema de vedação em *drywall*, permitindo uma avaliação mais clara quanto à viabilidade de sua aplicação em ambientes internos. Este levantamento bibliográfico fornece um modelo de planejamento mais prático e de fácil compreensão, auxiliando na análise técnica sobre a eficiência do sistema em termos de execução, desempenho e adequação ao contexto da construção civil.

Tabela 1: a) Vantagens *Drywall*; b) Desvantagens *Drywall*.

Vantagens de um sistema construtivo de Drywall		Desvantagens de um sistema construtivo de Drywall	
Peso do material	O drywall é um material bem mais leve em relação a alvenaria, além de reduzir o peso sobre a estrutura também é facilitado o seu transporte.	**Resistência a impactos**	As placas de gesso acartonado possui uma resistência inferior em comparação a alvenaria, por esse motivo pesos em excesso ou impactos muito fortes podem danificar sua estrutura.
Versatilidade	Com esse sistema pode ser criado nichos, moveis, bancadas e até mesmo prateleiras dentre outras ramificações.	**Instalação externa**	O material apresenta sensibilidade quando em contato com raios solares e agua.
Ambientes	Por suas placas serem fabricadas sobe medida, elas servem como divisórias para ambientes evitando ser utilizado a alvenaria, é uma ótima saída para casas ou apartamentos alugados onde o inquilino fica restrito a reformas.	**Umidade**	O drywall pode ser utilizado em ambientes molhados, mas deve se haver a proteção contra infiltração.

Tabela 1: a) Vantagens *Drywall*; b) Desvantagens *Drywall*. (continuação)

Vantagens de um sistema construtivo de Drywall		Desvantagens de um sistema construtivo de Drywall	
Praticidade e rapidez	A instalação das placas de drywall é bem mais rápida comparado com a alvenaria, sendo possível erguer uma parede de 20m^2 com apenas 2 especialistas em menos de um dia, além de ser sistema que facilita a instalação elétrica e hidráulica.	**Mão de obra**	No mercado ainda há escassez de mão de obra qualificada, por isso em algumas localidades a uma alta precificação na instalação.
Praticidade de remoção	Por ser um material leve e seco, não precisa ser quebrado para sua remoção, é um material pratico de ser desmontado.		
Otimização da área interna	Ao se instalar as paredes de drywall percebe-se que a mesma é mais fina em comparação a vedação de alvenaria, ganhando até 5% de área no ambiente que está instalada.		

Figura 4: Montagem das salas em drywall

Fonte: Autores (2022).

5. COMPONENTES PARA CONSTRUÇÃO DE PAREDE EM ALVENARIA CONVENCIONAL

A construção de paredes em alvenaria convencional envolve procedimentos distintos em relação ao sistema *drywall*, sobretudo quanto à técnica de execução e à quantidade e natureza dos materiais empregados. Os elementos utilizados neste sistema incluem blocos cerâmicos de vedação com oito furos e dimensões de 9 x 19 x 19 cm, além de argamassa composta em traço 1:2:8, contendo cimento, cal hidratada e areia média. Em determinadas situações, utiliza-se também tela de aço soldada e galvanizada para reforço estrutural, bem como pinos de aço com furo, com haste de 27 mm, aplicados em fixações diretas.

A disponibilidade de mão de obra qualificada para esse tipo de construção é significativa no município de Parintins, o que contribui para a popularidade do método. O processo construtivo segue um sistema de montagem padronizado. Inicialmente, realiza-se a demarcação da posição das paredes conforme as dimensões definidas no projeto arquitetônico. A execução tem início pelos cantos, com o assentamento da primeira fiada, utilizando-se prumo e linha para garantir o correto alinhamento e nivelamento. As fiadas subsequentes são erguidas respeitando a altura dos blocos e mantendo a uniformidade da argamassa ao longo da elevação.

A argamassa empregada é preparada in loco com a proporção adequada dos materiais, de modo a assegurar a aderência e a resistência necessárias à estrutura. A Figura 5 ilustra o processo de construção de uma parede de vedação em alvenaria cerâmica, especificamente durante a execução de uma lanchonete situada na praça do museu de Parintins. Na imagem, observa-se a etapa de assentamento dos blocos cerâmicos, evidenciando as técnicas convencionais adotadas nesse tipo de obra.

Figura 5: Assentamento de bloco cerâmicos.

Fonte: Autores (2023).

Para a elaboração das estimativas de insumos e custos, utilizou-se como base o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), referente ao mês de abril de 2024. O levantamento considerou a execução de alvenaria de vedação com blocos cerâmicos com oito furos e dimensões de 9 x 19 x 19 cm, estendendo-se até a fase de reboco, a fim de permitir uma análise mais abrangente do custo total do processo construtivo.

A Tabela 2 apresenta os insumos necessários para a construção de um metro quadrado de parede em alvenaria convencional. Foram incluídos materiais, mão de obra e demais componentes necessários à execução do serviço. O coeficiente de consumo de cada item foi obtido com base em composições do SINAPI, permitindo o cálculo do valor unitário por metro quadrado e o custo total da área estimada, que corresponde a 74,106 m^2 (já considerando os descontos referentes às aberturas para portas).

Na composição dos materiais, destacam-se os blocos cerâmicos utilizados como elemento de vedação, cuja quantidade estimada por metro quadrado é de 28,310 unidades, resultando em um custo total de R$ 1.824,48. A tela de aço galvanizada, empregada para reforço da alvenaria, apresentou consumo de 0,420 metros por metro quadrado, totalizando R$ 82,99. Para fixação, foram utilizados pinos de aço com furo, com um consumo equivalente a 0,0050 centos por metro quadrado, ao custo de R$ 14,82.

A argamassa utilizada para assentamento foi composta em traço volumétrico de 1:2:8 (cimento, cal e areia média), com consumo de 0,0091 m^3 por metro quadrado, totalizando R$ 590,62. A mão de obra foi estimada com base em produtividade padrão, sendo necessária a atuação de um pedreiro (1,610 horas por metro quadrado, ao custo de R$ 3.049,46) e um servente (0,805 horas por metro quadrado, ao custo de R$ 1.259,80). O custo total do serviço, considerando materiais e mão de obra, resultou em R$ 6.822,17, com um valor médio por metro quadrado de R$ 92,06.

Essa análise permite compreender a viabilidade técnica e financeira da execução da vedação em alvenaria convencional, servindo como base comparativa para o sistema drywall abordado em seções posteriores.

Tabela 2: Resultados obtidos na fase de Alvenaria de vedação.

Serviço	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9 cm) e argamassa de assentamento com preparo manual.			
Unidade de Medida	m^2			
Área a ser construída	**74,106**			
Área a ser construída (com desconto da porta)	**Coeficiente**	**Valor Unitário (R$)**	**Valor R$ (m^2)**	**Valor Total (área x valor m^2)**
Bloco cerâmico/tijolo vazado para alvenaria de vedação, 8 furos na horizontal de 9x19x19cm (LxAxC) - unidade.	28,310	0,87	24,62	**1.824,48**
Tela de aço soldada galvanizada/zincada para alvenaria, fio d = *1,20 a 1,70* mm, malha 15x15 mm, (c x l) *50x7,5* cm - metro.	0,420	2,69	1,12	**82,99**
Pino de aço com furo, haste = 27 mm (ação direta) – cento.	0,0050	40,33	0,20	**14,82**
Argamassa traço 1:2:8 (em volume de cimento, cal e areia média úmida) para emboço/massa única/assentamento de alvenaria de vedação – m^3.	0,0091	876,57	7,97	**590,62**
Pedreiro com encargos complementares - hora.	1,610	25,56	41,15	**3.049,46**
Servente com encargos complementares - hora.	0,8050	21,12	17,00	**1.259,80**
Total:			**92,06**	**6.822,17**

Fonte: Autores (2024).

A Tabela 3 apresenta os dados referentes à aplicação de chapisco com traço 1:3 na construção de alvenaria de vedação, considerando a execução em ambas as faces da parede para as duas salas de aula analisadas. A área total considerada foi de 148,212 m^2, obtida pela multiplicação da área útil (74,106 m^2) por dois, correspondendo às duas faces da parede. A argamassa utilizada foi preparada manualmente, composta por cimento e areia grossa úmida.

Os resultados obtidos demonstram um custo total de R$ 859,61 para a execução dessa etapa, considerando materiais e mão de obra.

Tabela 3: Resultados obtidos na fase de Chapisco nas duas faces.

Serviço	Chapisco aplicado em alvenarias e estruturas de concreto internas, com colher de pedreiro. Argamassa traço 1:3 com preparo manual.			
Unidade de Medida	m^2			
Área a ser construída (com desconto da porta)	**74,106 x 2 (dois lados da parede) = 148,212**			
Materiais e mão de obra	**Coeficiente**	**Valor Unitário (R$)**	**Valor R$ (m^2)**	**Valor Total (área x valor m^2)**
Argamassa traço 1:3 (em volume de cimento e areia grossa úmida) para chapisco convencional, preparo manual – m^3.	0,0037	956,24	3,53	**523,18**
Pedreiro com encargos complementares - hora.	0,0681	25,56	1,74	**257,88**
Servente com encargos complementares - hora.	0,0255	21,12	0,53	**78,55**
Total:			**5,8**	**859,61**

Fonte: Autores (2024).

Na sequência do processo construtivo, foi realizado o emboço nas mesmas superfícies. A Tabela 4 apresenta os dados referentes a essa fase, também baseada nos coeficientes do SINAPI. A argamassa aplicada foi composta por cimento, cal e areia média úmida no traço 1:2:8, com espessura média de 17,5 mm, aplicada manualmente com auxílio de taliscas. Para a área total de 148,212 m^2, o custo final apurado foi de R$ 6.899,25, incluindo os encargos de mão de obra e os insumos necessários.

Tabela 4: Resultados obtidos na fase de Emboço nas duas faces.

Serviço	Emboço, em argamassa traço 1:2:8, preparo manual, aplicado manualmente em m2 paredes internas de ambientes com área entre 5m^2 e 10m^2, e = 17,5mm, com taliscas.			
Unidade de Medida	m^2			
Área a ser construída (com desconto da porta)	**74,106 x 2 (dois lados da parede) = 148,212**			
Materiais e mão de obra	**Coeficiente**	**Valor Unitário (R$)**	**Valor R$ (m^2)**	**Valor Total (área x valor m^2)**
Argamassa traço 1:2:8 (em volume de cimento, cal e areia média úmida) para emboço/massa única/assentamento de alvenaria de vedação, preparo manual – m^3.	0,0304	876,57	26,64	**3.948,36**
Pedreiro com encargos complementares - hora.	0,5514	25,56	14,09	**2.088,30**
Servente com encargos complementares - hora.	0,2757	21,12	5,82	**862,59**
Total:			**42,53**	**6.899,25**

Fonte: Autores (2024).

Considerando o ciclo completo da construção em alvenaria de vedação, é necessário respeitar o tempo adequado de cura tanto da argamassa de assentamento quanto da aplicação do emboço. Esses fatores impactam diretamente no cronograma de execução da obra.

Em contraste, o sistema de vedação em *drywall* apresenta uma abordagem distinta. Trata-se de uma única etapa construtiva, a qual, após finalizada, encontra-se pronta para receber o processo de emassamento e pintura, dispensando intervenções adicionais como chapisco e emboço. A Tabela 5 detalha os custos envolvidos na execução de uma parede de *drywall* de um metro quadrado, considerando os mesmos 148,212 m^2 aplicados anteriormente. A estrutura é composta por chapas de gesso acartonado fixadas em perfis metálicos, com aplicação de fitas, massa de rejunte, parafusos e os respectivos profissionais especializados. O valor total apurado para essa solução foi de R$ 15.654,12.

Tabela 5: Resultados obtidos na fase de Drywall nas duas faces.

Serviço	Parede com sistema em chapas de gesso para drywall, uso interno, com duas Faces simples e estrutura metálica com guias simples, sem vãos.			
Unidade de Medida	**m^2**			
Área a ser construída (com desconto da porta)	74,106 x 2 (dois lados da parede) = 148,212			
Materiais e mão de obra	**Coeficiente**	**Valor Unitário (R$)**	**Valor R$ (m^2)**	**Valor Total (área x valor m^2)**
Pino de aço com arruela cônica, diâmetro arruela = *23*mm e comp. haste *27*mm (ação indireta) – cento.	0,02480	46,91	1,16	**171,92**
Placa / chapa de gesso acartonado, standard (ST), cor branca, e = 12,5 mm, 1200 x 2400 mm (l x c) – m^2.	2,106	25,92	54,58	**8.089,41**
Perfil guia, formato U, em aço zincado, para estrutura parede drywall, e = 0,5 MM, 70 x 3000 mm (L X C) – metro.	0,7624	7,34	5,59	**828,50**
Perfil montante, formato C, em aço zincado, para estrutura parede drywall, e = 0,5 mm, 70 x 3000 mm (l x c) – metro.	2,0006	8,33	16,66	**2.469,21**
Fita de papel microperfurado, 50 x 150 mm, para tratamento de juntas de chapa de gesso para drywall – METRO.	2,5027	0,40	1,00	**148,212**
Fita de papel reforçada com lamina de metal para reforço de cantos de chapa de gesso para drywall - metro.	0,7407	3,59	2,65	**392,76**
Massa de rejunte em pó para drywall, a base de gesso, secagem rápida, para tratamento de juntas de chapa de gesso (necessita adição de água) - kg.	1,09780	4,49	4,92	**729,20**
Parafuso drywall, em aço fosfatizado, cabeça trombeta e ponta agulha (TA), comprimento 25 mm – und.	20,1868	0,11	2,22	**329,03**
Parafuso drywall, em aço zincado, cabeça lentilha e ponta broca (lb), largura 4,2 mm, comprimento 13 mm – und.	0,4803	0,26	0,12	**17,78**
Montador de estrutura metálica com encargos complementares - hora.	0,522	25,12	13,11	**1.943,05**
Servente com encargos complementares - hora.	0,171	21,12	3,61	**535,05**
Total:			**105,62**	**15.654,122**

Fonte: Autores (2024).

A Tabela 6 sintetiza os resultados comparativos entre os dois sistemas construtivos. A vedação em alvenaria convencional, somando as etapas de assentamento, chapisco e emboço, apresentou um custo total de R$ 14.581,03. Já o sistema *drywall*, com apenas uma etapa de execução, resultou em um custo ligeiramente superior, totalizando

R$ 15.654,12. A diferença entre os métodos é de R$ 1.073,09, sendo o *drywall* mais oneroso.

Tabela 6: Analise dos resultados total obtidos em ambas vedações.

	Serviços realizados	Valor dos serviços
Parede de vedação em Alvenaria	Alvenaria de blocos cerâmicos de 9x19x19cm.	6.822,17
	Chapisco aplicado nas duas faces.	859,61
	Emboço aplicado nas duas faces.	6.899,25
	Valor Total (R$)	**14.581,03**
Parede de vedação em Drywall	**Serviços realizados**	**Valor dos serviços**
	Sistema em chapas de gesso para drywall, com duas faces simples.	15.654,122
	Valor Total (R$)	**15.654,122**

Fonte: Autores (2024).

Além do aspecto financeiro, é importante considerar características técnicas dos sistemas. A alvenaria convencional apresenta desempenho superior em isolamento térmico e acústico, devido à sua maior massa e solidez. Por outro lado, o *drywall*, embora apresente bom desempenho térmico, apresenta limitações acústicas, sendo comum a necessidade de reforço com placas adicionais, o que pode elevar ainda mais o custo final do sistema.

Portanto, considerando a construção das duas salas de aula na Faculdade X, conclui-se que a alvenaria convencional oferece melhor custo-benefício, especialmente em projetos com caráter permanente. Contudo, caso haja a possibilidade de readequações ou necessidade de desmontagem futura, o sistema drywall mostra-se mais adequado pela sua praticidade e flexibilidade na execução.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no levantamento de insumos realizado para o estudo de caso das duas salas da Faculdade X, foram analisados os quadros comparativos de custo referentes à construção de paredes de vedação em alvenaria convencional e em sistema *drywall*, conforme as tabelas elaboradas neste trabalho. Os resultados obtidos indicam que a alvenaria convencional apresenta melhor relação custo-benefício, sobretudo em função de seu desempenho superior em isolamento térmico e acústico, aliado a um custo total inferior e à maior disponibilidade de mão de obra qualificada na região.

A análise comparativa de custos revelou que o sistema *drywall* apresentou um valor 7,36% mais elevado em relação à alvenaria convencional. Essa diferença está diretamente relacionada à alta precificação dos insumos para *drywall* no estado do Amazonas, conforme valores disponibilizados pela Tabela SINAPI. Por outro lado, os materiais utilizados na construção em alvenaria convencional demonstram menor custo na região, além de contarem com maior oferta de profissionais capacitados para a execução do serviço.

Em termos de características construtivas, o *drywall* apresenta vantagens relevantes, como leveza, facilidade e rapidez na montagem e desmontagem, reduzindo significativamente o tempo de execução e a quantidade de mão de obra necessária. Além

disso, destaca-se pela versatilidade e pela otimização do espaço interno, uma vez que a espessura da parede é inferior à da alvenaria tradicional.

Considerando todos os aspectos técnicos e econômicos discutidos neste estudo, conclui-se que a adoção da alvenaria convencional é a alternativa mais indicada para a construção das salas de aula da Faculdade X, especialmente em contextos de permanência estrutural e controle de custos. No entanto, em situações que exijam agilidade na execução ou eventuais adaptações no curto prazo, o sistema *drywall* pode ser considerado uma alternativa viável, desde que observadas suas limitações, em especial os custos mais elevados e a necessidade de reforço acústico quando requerido.

REFERÊNCIAS

[1] ABRAGESSO, **Associação Brasileira do Gesso**. Disponível em: http://www.abragesso.org.br. Acessado em: 19 de março de 2024.

[2] AVERSI-FERREIRA, Tales Alexandre. Alguns comentários sobre o uso das construções do tipo dry wall no Brasil. **Engineering Sciences**, v. 6, n. 1, p. 21-31, 2018.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS –ABNT.NBR 15758–1 - **Sistemas construtivos em chapas de gesso para Gesso acartonado**. Rio de Janeiro, 2009.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7171- **Blocos cerâmicos para alvenaria**. Rio de Janeiro, 1995.

[5] **Associação Brasileira de Fabricantes de Chapa de Drywall - ABFCD**. Disponível em: http://www.abragesso.org.br/index.php/2 acesso em 11-03-2008 11:50h. Acessado em 06 de abril de 2024

[6] CARASEK, Helena. **Materiais de construção civil e princípios da ciência da engenharia de materiais**. 1ª ed. ISAIA, Geraldo Cechella– São Paulo: IBRACON, 2007.

[7] CORRÊA, Lúcio Marcos Azevedo; PINHEIRO, Erika Cristina Nogueira Marques. Processo executivo de Drywall–estudo de caso com aplicações em edificação na cidade de Manaus-AM. **Brazilian Journal of Business**, v. 4, n. 2, p. 969-987, 2022.

[8] COELHO, N, R,; DA SILVA, B., L. Análise entre os materiais de vedação convencional e *drywall* em residências de padrão normal na cidade de Caçador/SC. **IGNIS Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo Engenharias e Tecnologia de Informação**, v. 13, n. 1, p. 21-35, 2024.

[9] DE ARAUJO JUNIOR, S. L. A utilização de técnicas construtivas *Drywall*. **Technology Sciences**, v. 4, n. 1, p. 20-25, 2022.

[10] DE AZEVEDO, J. J. S.; SANCHES, A. E.; PINHEIRO, E. C. N. M. Técnicas construtivas em gesso acartonado: utilização e viabilidade na construção de salas comerciais estudo de caso em Manaus-AM. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 5, p. 38507-38525, 2022.

[11] Minotto, F; Vargas, A. Análise da influência de diferentes sistemas de vedação vertical no custo final de uma estrutura em concreto armado. **UNESC**, Sul Catarinense, 2011.

[12] NAKAMURA, J. Elementos que compõem uma parede de gesso acartonado. **Revista Equipe de Obra**. Edição 64 - /2013.Acesso em 06 de maio de 2024.

[13] **SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTO E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/>. Acessado em: 11 de maio de 2024.

[14] NUNES, H. P. Estudo Da Aplicação Do Drywall Em Edificação Vertical. 2015. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento Acadêmico de Construção Civil, Campo Mourão, 2015.

[15] OLIVEIRA, E. B. Análise comparativa de custos e produtividade entre a tecnologia drywall e alvenaria convencional de blocos cerâmicos: estudo de caso. 2022.

[16] PEREIRA, F. COSTA, L. F. Análise das cargas em um edifício de concreto armado, quando comparado a utilização de paredes de vedação interna de alvenaria convencional e drywall. **TCC -** Palhoça 2017.

[17] SABBATINI, F.H. O processo de produção das vedações leves de gesso acartonado. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: Vedações Verticais, São Paulo, 1998. **Anais**. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998. p.67-94.

Capítulo 13

Patologias pós-construção observadas na quadra poliesportiva de uma escola municipal no município de Tabatinga/AM

Leygel Joscimar Portocarrero Torres
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: Em estudos sobre as patologias na construção civil, verificou-se que são os defeitos que surgem durante a construção da obra, ou ainda adquiridos com o passar do tempo, as quais venham a danificar o desempenho esperado de uma construção e de suas partes. Portanto, esse trabalho desenvolve um estudo de caso em que está relacionada com o estudo bibliográfico, e tem como objetivos, identificar as principais manifestações patológicas pós-construção por meio de um estudo de caso na quadra poliesportiva da Escola Municipal Ambrósio Bemerguy do Município de Tabatinga-AM, analisar as patologias identificadas, mostrando as possíveis causas, observar a existência de patologias e anomalias presente na quadra poliesportiva, e propor possíveis medidas preventivas de recuperação do local danificado através de técnicas de construção civil. É do conhecimento técnico que, a presença de manifestações patológicas em qualquer recinto o torna impróprio para seus habitantes, traz inclusive, risco à saúde. Como metodologia fez-se revisão bibliográfica, levando em consideração os problemas patológicos encontrados na estrutura física da quadra da escola e com estudos teóricos buscados em bibliografias nacionais tais como livros, artigos e demais arquivos eletrônicos de forma a dar sustentação e embasamento ao trabalho. A falta de acompanhamento técnico por profissionais da engenharia durante o ciclo construtivo leva a nos depararmos com essas situações adversas. Com isso, pode-se dizer que, as patologias devem ser diagnosticadas e de alguma forma solucionadas para evitar danos futuros na edificação.

Palavras-chave: Implantação; Patologia; Engenharia civil; Qualificação; Recuperação.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil compreende um amplo conjunto de atividades voltadas à execução de obras como edifícios, rodovias, aeroportos, canais de navegação, túneis e sistemas de saneamento (NOBREGA; DELGADO, 2019). Esse setor abrange processos produtivos relacionados à instalação, reparação e montagem de equipamentos e edificações, conforme as exigências de cada projeto.

No Brasil, a construção civil representa um dos segmentos mais relevantes da economia, atuando como indicador de crescimento e de mobilidade populacional. O contínuo deslocamento de habitantes das cidades menores para os grandes centros urbanos tem impulsionado a expansão de estruturas urbanas, refletindo no crescimento constante dos principais municípios do país. Segundo Soares (2018), a construção civil desempenha papel essencial no bem-estar da população, envolvendo também aspectos sociais, como inclusão e organização dos espaços públicos e privados.

Em países em desenvolvimento, como o Brasil, as condições socioeconômicas têm incentivado a aceleração dos cronogramas de obras, muitas vezes em detrimento da qualidade no controle de materiais e serviços empregados. As construções, embora projetadas para longa durabilidade, estão sujeitas a imprevistos e à ação de fatores externos. Expostas ao ambiente, essas estruturas podem apresentar deteriorações ao longo do tempo, seja por falhas de execução ou por fenômenos naturais (SCHEIDEGGER; CALENZANE, 2019).

Nesse contexto, a ocorrência de manifestações patológicas torna-se uma preocupação constante na engenharia civil. O termo “patologia”, originalmente relacionado ao campo médico, passou a ser utilizado também na área da construção para designar o estudo das falhas, danos e anomalias em edificações, tais como trincas, fissuras, rachaduras, manchas, eflorescências e corrosão das armaduras de aço (SANTOS, 2018). De acordo com Silva (2018, p. 34), patologia da construção civil pode ser definida como “a ciência que procura estudar os defeitos e incidentes que os materiais podem promover nas construções de um modo geral e que busca diagnosticar as origens dessas causas e efeitos e compreender os mecanismos de deflagração e de evolução do processo patológico”.

As manifestações patológicas observadas em edificações públicas, e também em empreendimentos privados, decorrem frequentemente de falhas em etapas como planejamento, execução ou manutenção. Além disso, fatores ambientais têm contribuído significativamente para acelerar processos de degradação, especialmente no que diz respeito à corrosão em estruturas de concreto.

De forma geral, os danos estruturais são definidos como defeitos localizados ou generalizados que afetam a integridade da edificação, podendo comprometer parcial ou totalmente sua funcionalidade e segurança (RODRIGUES; FERREIRA; SOUZA, 2024). Diante disso, torna-se essencial o conhecimento e a análise das manifestações patológicas no setor da construção civil, com vistas à prevenção de falhas e à preservação das estruturas. O presente estudo tem como objetivo identificar as principais patologias encontradas em edificações e propor soluções adequadas para cada caso diagnosticado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada neste estudo caracteriza-se como um estudo de caso, com o objetivo de analisar as manifestações patológicas observadas na quadra poliesportiva da Escola Municipal Ambrósio Bemerguy, localizada no município de Tabatinga/AM. Os procedimentos metodológicos foram divididos em quatro etapas principais: levantamento bibliográfico, estudo de campo, análise dos dados coletados e proposição de medidas corretivas.

Imagem 1: Quadra Coberta da Escola Municipal Ambrósio Bemerguy.

Fonte: Autores (2024)

A pesquisa teve início com uma revisão bibliográfica, utilizando artigos científicos, dissertações e outros materiais relevantes, com foco nas patologias da construção civil e suas possíveis causas. Esse levantamento forneceu a fundamentação teórica necessária para a condução das demais etapas. Em seguida, realizou-se o estudo de campo, que consistiu em vistorias presenciais à quadra poliesportiva, situada na Rua Santa Rosa, no bairro Centro, anexa ao prédio escolar da referida instituição. A obra foi concluída em 21 de agosto de 2023 e atende estudantes do 1º ao 9º ano nos turnos matutino e vespertino.

Durante as visitas técnicas, foi empregada a metodologia de inspeção visual, com o objetivo de identificar e registrar anomalias visíveis. Foram observados indícios como fissuras, trincas, rachaduras, deterioração do concreto, infiltrações, manchas de ferrugem e sinais de corrosão. As vistorias foram acompanhadas de registros fotográficos, os quais forneceram suporte visual para a análise posterior.

Paralelamente às inspeções, foram coletados dados de fontes como bancos de dados técnicos e registros de manutenções corretivas realizadas por empreiteiras terceirizadas. Essas informações possibilitaram avaliar se as patologias observadas estavam relacionadas a falhas na execução da obra, ao uso inadequado dos sistemas por parte dos usuários, à escolha de materiais ou à ausência de manutenção adequada.

A terceira etapa da pesquisa consistiu na análise dos dados obtidos, confrontando os registros em campo com o embasamento teórico levantado. A partir dessa análise, foi possível identificar as patologias mais recorrentes, suas prováveis causas e os fatores que

contribuíram para sua ocorrência, tais como erros de projeto, falhas construtivas, ação de agentes climáticos e falta de manutenção preventiva. Por fim, a quarta etapa envolveu a proposição de medidas corretivas e preventivas para a recuperação da estrutura. Entre as ações sugeridas estão a correção das causas identificadas, realização de reparos nas áreas afetadas, reforço estrutural, aplicação de técnicas de manutenção preventiva e o uso de materiais adequados. A elaboração de um plano de intervenção específico para cada patologia diagnosticada foi considerada essencial, devendo ser conduzido por profissionais qualificados e com base em uma análise criteriosa.

A correta identificação e tratamento das patologias é fundamental para garantir a segurança, durabilidade e funcionalidade das estruturas. A abordagem sistemática adotada neste estudo visa contribuir com práticas mais eficazes na manutenção de edificações públicas.

3. RESULTADOS

3.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO DOS TIPOS DE PATOLOGIAS E ANOMALIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A revisão bibliográfica permitiu um entendimento mais aprofundado acerca das patologias pós-construção, facilitando a continuidade da pesquisa conforme planejado. Verificou-se que as patologias podem originar-se a partir de três aspectos principais: projeto, execução e manutenção, sendo também possível que a combinação desses fatores contribua para o surgimento de problemas futuros.

De acordo com Ludovico (2016), a patologia está presente em todas as fases da construção civil, iniciando-se na elaboração do projeto, que contempla ideias e informações sobre a obra, e estendendo-se à execução, que envolve materiais e mão de obra, além da utilização da edificação. O autor destaca que a falta de análise adequada dos materiais, a ausência de mão de obra especializada e erros tanto no projeto quanto na execução podem resultar em diversos problemas que impactam as fases subsequentes da vida útil da construção.

Tais problemas são frequentemente causados por incidentes ocorridos durante a execução, relacionados à qualidade dos materiais e técnicas empregadas, bem como à execução inadequada dos projetos, afetando a durabilidade da edificação.

Miranda Junior (2019) enfatiza a importância do estudo das patologias na construção civil, ressaltando que a compreensão das suas origens e das formas de prevenção pode reduzir significativamente a incidência desses problemas quando adotadas medidas adequadas. Assim, o estudo das patologias torna-se essencial não apenas para a resolução dos problemas existentes, mas também para a prevenção de danos futuros, assegurando edificações mais duráveis, seguras e economicamente viáveis.

3.2. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Conforme Brito (2017), a maioria das falhas em obras de edificações decorre de deficiências no processo construtivo, denominadas manifestações patológicas. Essas manifestações correspondem a condições adversas que comprometem o desempenho e a durabilidade das construções, incluindo fissuras, infiltrações, descolamento de revestimentos, deformações e outras anomalias construtivas.

3.3. FISSURAS

As fissuras constituem o estágio inicial das patologias, caracterizando-se por aberturas finas, geralmente de até 1 mm, superficiais e sem perigo imediato. Segundo Zanzarini (2018, apud Holanda Jr., 2008), as fissuras em edificações decorrem de falhas de desempenho em alvenarias, relacionadas à durabilidade e características estruturais. Elas podem surgir por ações internas ou externas, sendo a resistência do material fator determinante para o aparecimento das tensões que geram as fissuras, as quais funcionam como mecanismos de alívio dessas tensões.

3.4. INFILTRAÇÕES

As infiltrações resultam de falhas no processo de instalação hidráulica e podem causar problemas durante e após a conclusão da obra. Sabino (2016) destaca que, apesar da importância da água para a vida, sua presença nas construções pode provocar danos significativos às estruturas. As infiltrações e a umidade comprometem o funcionamento e a utilização das edificações, causando prejuízos estéticos e desconfortos aos ocupantes.

3.5. DESCOLAMENTOS DE REVESTIMENTOS

O descolamento de revestimentos pode ser causado pela escolha inadequada dos produtos, aplicação incorreta da argamassa colante, excesso de umidade ou pelo não respeito às juntas de assentamento, entre outros fatores. Sabbatini e Barros (2001) definem o descolamento como uma falha ou ruptura na interface entre a camada de fixação e as peças cerâmicas, ou entre a camada de fixação e o substrato.

3.6. DEFORMAÇÕES E OUTRAS ANOMALIAS CONSTRUTIVAS

Deformações referem-se às alterações físicas e estruturais dos materiais ou componentes provocadas por cargas, tensões ou condições ambientais, podendo ser plásticas, elásticas ou térmicas. Anomalias construtivas abrangem desvios das propriedades esperadas de um material ou estrutura, resultando em falhas ou deficiências no desempenho, como fragilização, perda de resistência e envelhecimento precoce, comprometendo a integridade dos elementos construtivos.

3.7. ANOMALIAS COMO PERDA DE DESEMPENHO

As anomalias são caracterizadas pela perda de desempenho das construções, decorrentes de fatores variados, como falhas no projeto, execução inadequada, uso de materiais de baixa qualidade e condições ambientais adversas.

3.8. CAUSAS DAS PATOLOGIAS

As patologias na construção civil são consequência de diversos fatores classificados como defeitos intrínsecos ao processo construtivo, englobando erros de projeto, falhas na execução e manutenção inadequada. A Tabela 1 apresenta exemplos das principais causas relacionadas ao projeto, execução e manutenção que influenciam o surgimento das patologias na construção civil.

Tabela 1: Principais causas das patologias durante o projeto, execução e manutenção

Projeto	Execução	Manutenção
Não contratar engenheiro ou arquiteto adequado e especializado para a realização do planejamento do projeto.	Falta de acompanhamento da execução da Obra.	Falta de profissionais que realizem a adequada manutenção e limpeza
Não escolher os materiais adequados para a construção	Falha em compreender as informações corretas da realização do projeto	Falta de manutenção
Não contratar mão de obra qualificada.	Falta de atenção	

Fonte: Autores (2024).

3.9. PATOLOGIAS E ANOMALIAS PRESENTES NA QUADRA POLIESPORTIVA DA ESCOLA AMBRÓSIO BEMERGUY

Para a obtenção dos dados, foi realizada pesquisa de campo com o objetivo de identificar as patologias que afetam a construção civil. O estudo concentrou-se na quadra poliesportiva da Escola Municipal Ambrósio Bemerguy, localizada em Tabatinga-AM.

O processo de observação consistiu em visita técnica à escola, previamente autorizada pela gestora, para realização da inspeção na quadra. Foi também realizada investigação informal junto ao setor de engenharia da prefeitura.

Durante a visita, e com base nas informações fornecidas pelo setor de engenharia da SEMED/TBT, foram identificadas diversas patologias e anomalias, incluindo trincas e rachaduras nos pilares executados em esquadrias, conforme ilustrado nas fotografias anexas.

As patologias observadas apresentaram caráter diversificado, conforme detalhado na tabela que organiza as principais causas de problemas nas fases de planejamento, execução e manutenção do projeto. Destaca-se que, apesar da restrição regulamentar que determina largura mínima de 40 cm para os pilares, foi constatado que alguns foram executados com largura reduzida a 30 cm, conforme evidenciado nas imagens.

Na Figura 1a, os pilares executados em esquadria apresentam alinhamento e fixação aparentes na estrutura, porém o comprimento encontra-se inferior ao especificado. Na mesma figura, observa-se que a largura dos pilares está 3 cm aquém do requerido, situação que pode provocar futuras anomalias e comprometer a segurança e estabilidade da construção.

As anomalias verificadas, especialmente em elementos estruturais como pilares, implicam riscos significativos, tais como a redução da resistência estrutural e a possibilidade de falhas decorrentes da não conformidade com o projeto original.

Como medidas corretivas, sugere-se a avaliação da viabilidade de reforço estrutural para garantir a estabilidade da edificação, a reavaliação e possível reconstrução dos pilares em conformidade com as especificações técnicas, além da implementação de controles rigorosos nas medições e execuções futuras para evitar reincidências. Ressalta-se a importância de seguir rigorosamente as normas técnicas e o projeto executivo, a fim de preservar a segurança e integridade da estrutura.

As imagens anexas contribuem para a visualização das anomalias encontradas, reforçando a necessidade de adequação conforme os padrões estabelecidos.

Figura 1: Manifestações Patológicas e Anomalias em Pilares.

(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

Na Figura 2 (a, b), observa-se o surgimento de um problema patológico no 6º pilar da quadra, decorrente de múltiplos fatores. O pilar apresenta rachaduras com aberturas variando entre 2 e 4 mm, conforme medição realizada. Essas fissuras indicam comprometimento significativo da estrutura, podendo acarretar deterioração do desempenho estrutural ao longo do tempo. As causas das rachaduras podem ser diversas, incluindo fadiga do material em decorrência de cargas excessivas, recalques diferenciais na fundação, deficiências no processo de concretagem e variações térmicas acentuadas.

Adicionalmente, a presença dessas rachaduras compromete a integridade estrutural do pilar, afetando a continuidade e a adequada transferência das cargas, aspectos essenciais para o equilíbrio da estrutura. Dessa forma, a identificação precisa das causas é imprescindível para a adoção de soluções eficazes.

Figura 2: a) Patologias encontradas em Pilares com Rachaduras de 2; b) 4 mm.

(a) (b)

Fonte: Autores (2024).

Nas Figuras 3a e 3b, são evidenciados problemas semelhantes em duas vigas que foram seccionadas para a passagem de tubulações de água fria. Tal anomalia, decorrente possivelmente de erro de projeto ou execução, pode comprometer a integridade estrutural das vigas. Fundações inadequadas ou defeituosas podem provocar deslocamentos ou recalques diferenciais, resultando em tensões excessivas nos elementos estruturais. Para corrigir essa situação, foi realizada a recuperação imediata das vigas, acompanhada por um engenheiro responsável ou especialista na área.

Figura 3: a) e b) Vigas Seccionadas para Passagem de Tubulações de Água Fria.

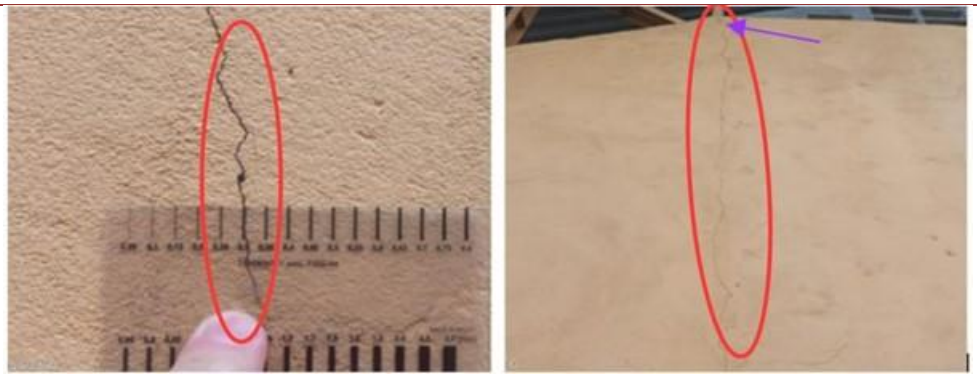
(a) (b)

Fonte: Autores (2024).

Durante a visita técnica à quadra poliesportiva da Escola Ambrósio Bemerguy, identificaram-se patologias típicas, conforme ilustrado nas Figuras 4a e 4b. Observou-se a presença de fissuras extensas na superfície das paredes, indicando falhas relevantes na execução da alvenaria. As fissuras, destacadas nas imagens, caracterizam desconformidades relacionadas à execução inadequada do projeto. Na Figura 4b, destaca-se uma trinca visível em uma área não armada do pilar. A seta indica um ponto crítico onde duas paredes se encontram sem amarração adequada ao pilar.

Essas constatações evidenciam a necessidade de revisão dos métodos de execução da alvenaria, com especial atenção ao processo de amarração dos elementos construtivos, reforçando a importância da qualificação técnica na realização do projeto. Ademais, ressalta-se a relevância da melhoria da qualidade dos processos construtivos, incluindo o tratamento correto das juntas de argamassa e o controle rigoroso da cura dos materiais aplicados. A observação precoce dessas fissuras permite uma análise crítica das causas e possibilita a proposição de soluções para mitigar os problemas estruturais identificados.

Figura 4: a) e b) Paredes com Fissuras e Trincas, casos de Possíveis anomalias na construção



(a) (b)

Fonte: Autores (2024).

As imagens da Figura 5, mostram um sério problema das patologias pós construção. Elas estão relacionadas à infiltração de água, umidade nas paredes e outros fatores que possam estar causando esses tipos de problemas, que podem ser detalhadas nos itens abaixo.

3.10. MANCHAS DE UMIDADE E EFLORESCÊNCIAS

Na Figura 5a, identificam-se manchas de umidade e eflorescências, que consistem em depósitos de sais minerais na superfície das paredes. Essas manifestações ocorrem em decorrência da infiltração de água, a qual transporta sais dissolvidos que são depositados quando o líquido evapora. As eflorescências comprometem não apenas a estética das paredes, mas também indicam falhas no sistema de impermeabilização, podendo ocasionar o deterioramento progressivo da alvenaria.

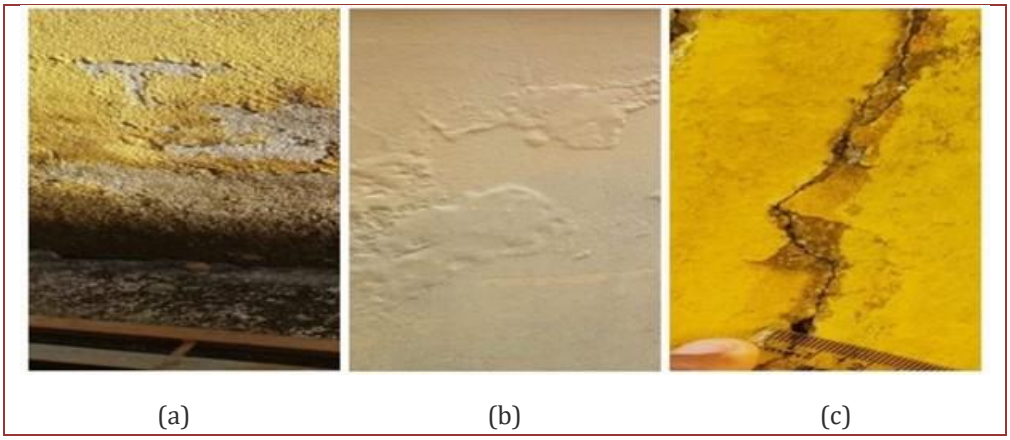
3.11. DESCASCAMENTO E BOLHAS NA PINTURA

Na Figura 5b, observa-se o descascamento da pintura e a formação de bolhas, sinais que sugerem a presença de umidade no interior da parede. Essa condição pode decorrer da ausência de barreira impermeabilizante adequada ou de falhas estruturais que permitem a penetração de água. O descascamento e o levantamento da pintura indicam que a superfície encontra-se desprotegida contra a umidade, o que pode resultar em danos estruturais mais graves.

3.12. FISSURAS E RACHADURAS

Na Figura 5c, constata-se a presença de fissuras e rachaduras na parede, indicativos de danos mais severos associados à infiltração de água. Essas aberturas favorecem a penetração contínua de umidade, agravando o processo de deterioração. Ademais, tais fissuras podem revelar problemas estruturais que se agravam devido à umidade persistente.

Figura 5: a); b); c) Patologias pós construção Causadas pela Presença de Umidade, Infiltrações e Outros Fatores Ambientais.



(a) (b) (c)

Fonte: Autores (2024)

Durante as visitas *in loco* à quadra da Escola, foram observadas algumas anomalias da construção civil que poderiam comprometer a segurança e a funcionalidade do espaço. Ditas anomalias foram corrigidas por meio de um processo cuidadoso e bem planejado.

Desta forma, podemos citar as seguintes anomalias comumente encontradas em quadras poliesportivas.

3.13. PISO ESCORREGADIO E DESNIVELADO

Conforme ilustrado na Figura 6, o piso da quadra apresenta áreas com desníveis e superfícies escorregadias, o que pode representar riscos de quedas e acidentes. As Figuras 6a e 6b evidenciam, por meio de registros fotográficos, tais irregularidades, destacadas pelos círculos vermelhos, indicando possíveis problemas relacionados ao substrato.

Essas anomalias configuram violação às normas de segurança e acessibilidade vigentes (NBR 9050/2004), que estabelecem a exigência de superfícies planas, homogêneas e antiderrapantes em ambientes escolares. A inadequação do piso frente a esses critérios aumenta significativamente o risco de acidentes.

Para a correção dessas falhas, recomenda-se a substituição ou reparo do revestimento do piso, de modo a garantir uniformidade e aderência adequadas. Sugere-se, ainda, a instalação de tapetes antiderrapantes fixados corretamente, abrangendo as áreas necessárias. Adicionalmente, é fundamental a realização de inspeções periódicas pelo setor de manutenção, com intervenções imediatas sempre que novas irregularidades forem detectadas.

Essas ações são essenciais para assegurar um ambiente seguro e funcional para a prática de atividades esportivas e recreativas, tanto na quadra quanto em outros tipos de edificações.

Com base nas observações e análises realizadas, torna-se necessária a implementação de uma intervenção técnica conduzida por uma equipe multidisciplinar, composta por representantes da escola, responsáveis pela obra e profissionais especializados. O objetivo é desenvolver um plano de ação para sanar as irregularidades identificadas.

Ressalta-se a importância do uso de sondagens para diagnosticar as patologias que possam ser corrigidas por meio de intervenções específicas. Contudo, as intervenções definitivas devem ser realizadas com rigor técnico, de modo a eliminar ou minimizar os problemas sem comprometer a integridade estrutural da edificação.

Figura 6: a); b) Pisos com Anomalias de Desníveis e Superfícies Escorregadias.

(a) (b)

Fonte: Autores (2024).

3.14. PREVENÇÃO DAS PATOLOGIAS PÓS-CONSTRUÇÃO

As patologias identificadas devem ser tratadas com urgência para evitar danos estruturais mais graves, garantindo a segurança e a durabilidade da edificação. A correta identificação das causas, aliada à aplicação de técnicas apropriadas de reparo e impermeabilização, é fundamental para a resolução dos problemas de infiltração e umidade na quadra poliesportiva. O manejo eficiente dessas patologias requer conhecimento aprofundado sobre suas origens e soluções, que incluem desde o emprego de técnicas construtivas adequadas até a utilização de materiais de qualidade.

Ao analisar uma patologia, é imprescindível considerar tanto os aspectos técnicos quanto os fatores externos que possam influenciar o desempenho das estruturas. A interação entre materiais, métodos construtivos, condições ambientais e uso da edificação constitui um conjunto de elementos essenciais para avaliação.

Ademais, a pesquisa e adoção de novas tecnologias e materiais podem oferecer soluções inovadoras e mais eficazes para a construção civil, refletindo diretamente na qualidade das edificações, na satisfação dos usuários e na sustentabilidade do setor.

Uma análise criteriosa das manifestações patológicas possibilita identificar suas origens e formas de prevenção e correção. Tal estudo permite a antecipação dos pontos críticos em projetos e obras, contribuindo significativamente para a longevidade e segurança das estruturas.

Conforme destacado por Carraro e Dias (2024), o diagnóstico preciso das manifestações patológicas é essencial para o tratamento das causas fundamentais, possibilitando a realização de manutenções adequadas que assegurem a durabilidade e a segurança das construções. Recomenda-se, portanto, a realização de inspeções detalhadas com o apoio de engenheiros especializados em patologia das construções, a fim de avaliar a extensão dos danos. Além disso, a implementação de sistemas de monitoramento para acompanhar possíveis deteriorações torna-se necessária.

Diante disso, é imprescindível uma atenção especial durante a fase de projeto, garantindo sua elaboração cuidadosa, assim como a realização de vistorias periódicas após a conclusão da obra, com o objetivo de identificar precocemente eventuais patologias e anomalias.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo e análise realizados, conclui-se que as patologias na construção civil podem surgir desde o início da obra até as fases intermediárias ou finais. Toda construção, ao longo de sua existência, está sujeita a apresentar manifestações patológicas que podem afetar tanto a estética quanto a funcionalidade e a integridade estrutural.

No caso das alvenarias, as patologias geralmente resultam de múltiplos fatores que devem ser investigados, como o aparecimento de fissuras e trincas, as quais tendem a evoluir e agravar-se se não tratadas.

Este trabalho teve como objetivo identificar e analisar as causas e incidências das manifestações patológicas na quadra poliesportiva da Escola Municipal Ambrósio Bemerguy, bem como caracterizar as origens dessas manifestações e buscar meios para sanar os problemas identificados. A partir das observações em campo, foi possível detectar diversas fontes que desencadearam as diferentes anomalias. Com base nos estudos teóricos, incluindo livros, teses e artigos científicos, constatou-se a presença de variadas manifestações patológicas, ilustradas pelas imagens apresentadas.

Verificou-se que a ocorrência dessas anomalias está relacionada à ausência de acompanhamento técnico adequado durante a execução do projeto de construção. Diante desse cenário, torna-se necessário promover treinamento específico aos colaboradores envolvidos na etapa de construção, acompanhado por profissionais da engenharia.

Ressalta-se que o município de Tabatinga apresenta fatores ambientais que contribuem para o surgimento das patologias na construção civil, como umidade elevada e variações térmicas acentuadas. Em função dos problemas detectados, recomenda-se a realização de vistorias periódicas por técnicos especializados, com o objetivo de orientar as intervenções necessárias. As irregularidades devem ser corrigidas assim que identificadas, garantindo a qualidade e a durabilidade da obra.

REFERÊNCIAS

[1] BAUER, R. J. F. **Patologia em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. In: Materiais de Construção, capítulo16. Disponível em:<http://www2.grupogen.com.br/LTC/erratas/97885216124490.pdf.>. Acesso em 10 de abril. 2024.

[2] COSTAS, R. E. D. *et al*: **manifestações patológicas: fatores que influenciam no seu aparecimento em prédios residenciais.** Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.315.>. Acesso em 18 de maio. 2024.

[3] GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

[4] LAKATOS, E. M**. Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. - São Paulo: Atlas, 2003.

[5] LIMA. M. SANTOS. D. AUGUSTO. A. As Patologias da Construção Civil. São Paulo. 2017.

[6] NETO, D. A. *et al*: **análise das patologias das construções em um edifício educacional da cidade de Manaus.** Engenharias, Volume 26 - Edição 116/NOV 2022. Disponível em:

<https://revistaft.com.br/analise-das-patologias-das-construcoes-em-um-edificio-educacional-da-cidade-de-manaus/.>. Acessado em 18/05/2024.

[7] NOBREGA. N. P; DELGADO. R. C: **Patologias na Construção Civil - Análise das Principais Manifestações Patológicas em Residências do Município de Paraú-RN**. Universidade Federal Rural do Seminário. Mossoró, 2019.

[8] RIPPER, T; SOUZA, V. **Patologia, Recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

[9] RODRIGUES, L; FERREIRA, R; SOUZA, D. **Fundações: Critérios Avaliativos e Patologias Causadas pela escolha equivocada do elemento**. Ciências exatas e tecnológicas. v. 8, n. p. 42-59. Aracaju, 2024.

[10] SANTOS. A. B. **Tipos de Patologias da Construção**. Umidade por Capilaridade. São Paulo, 2018.

[11] SANTOS. T. D. **Definição de Patologia da construção Civil**. São Paulo. 2018.

[12] SILVA. M. A. **Compreender os mecanismos de deflagração e de evolução do processo patológico**. Rio de Janeiro, 2012.

[13] SOARES. L. M. **A Importância do Engenheiro na Obra**. São Paulo. 2018.

[14] SOUZA, K. S. **fissuras em alvenaria estrutural.** In: Engenharias, Volume 27 - Edição 128/NOV 2023. Disponível em: <https://revistaft.com.br/fissuras-em-alvenaria-estrutural/#:~:text=FISSURAS%20CAUSADAS%20POR%20SOBRECARGA,a%20face%20maior%20dos%20tijolos. >. Acesso em 18 de maio. 2024.

[15] STANT, **Patologias na construção civil:** quais são as principais e como evitá-las?. Disponível em: <https://www.stant.com.br/patologias-na-construcao-civil/#.>. Acessado em 18/05/2024.

[16] TTL, **Soluções Residenciais e Empresariais.** Disponível em: <https://www.facebook.com/photo/?fbid=1083939195384187&set=a.561279870983458. >. Acesso em 18 de maio. 2024.

Capítulo 14

Relatos de experiência no processo de implementação do sistema de energia solar para captação de água potável em uma comunidade indígena

Luiz Filgueira de Almeida
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: O interesse pela situação ambiental na atualidade, somado ao crescimento populacional, torna as ações voltadas para energias renováveis mais aceitáveis e em constante expansão. Essas iniciativas vêm sendo aplicadas em comunidades rurais e em áreas de vulnerabilidade social, como as comunidades indígenas, exigindo medidas governamentais e privadas para viabilizar a inserção de tais sistemas. Este estudo tem como objetivo analisar a implementação de um sistema de energia renovável destinado à captação de água potável em uma comunidade indígena. Trata-se de uma revisão integrativa, baseada em pesquisas realizadas em publicações disponíveis nas bases de dados de artigos científicos, considerando esses publicados entre 2019 e 2023. Os resultados indicam que as iniciativas voltadas para energia limpa estão em expansão no cenário mundial, promovendo impactos positivos nas condições econômicas e na qualidade de vida das comunidades beneficiadas. Além disso, tais sistemas são adaptados às especificidades dessas comunidades, proporcionando melhorias em aspectos sociais, econômicos e ambientais.

Palavras-chave: Energia renovável, fotovoltaico, captação de água, comunidade indígena.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, é inconcebível imaginar as cidades modernas sem o uso da eletricidade, e sua obtenção, na maioria das vezes, ainda causa impactos significativos ao meio ambiente. A geração de energia termelétrica, por exemplo, tem efeitos ambientais consideráveis, pois é baseada na queima de combustíveis fósseis, liberando gases poluentes que contribuem para o agravamento do aquecimento global. Além disso, muitas empresas termelétricas continuam emitindo esses gases diretamente na atmosfera, intensificando os danos ambientais (TAKASHI MIURA, 2020; VIEIRA et al., 2020).

Diante desse cenário, buscando o bem-estar do planeta, diversos estudos têm se concentrado em alternativas sustentáveis para reduzir a emissão de poluentes provenientes da queima de derivados do petróleo. Tais estudos apontam para a adoção de formas de geração de energia limpa que não prejudiquem o meio ambiente (BRANCO, 2021; GONÇALVES, 2022).

A energia renovável destaca-se como um mercado em plena expansão, assumindo papel estratégico em um mundo cada vez mais consciente de seu impacto ambiental. Recursos naturais como o sol, a água e o vento são elementos fundamentais na geração de energia limpa e renovável, sendo as únicas fontes consideradas 100% sustentáveis. Para garantir uma convivência equilibrada com essas tecnologias, é essencial compreender seus benefícios e o funcionamento dos sistemas de energia renovável, que possibilitam a redução da dependência de fontes poluentes e mecanizadas (BRANCO, 2021; GONÇALVes, 2022).

Com o avanço das tecnologias de energia limpa, muitos países têm buscado formas eficientes de utilizá-las sem comprometer os ecossistemas. Entre as fontes mais adotadas atualmente estão a energia solar e a energia eólica. Em regiões remotas, onde a energia elétrica convencional nunca chegou, a energia solar tem se mostrado uma solução viável, especialmente em comunidades isoladas e de difícil acesso (MACEDO ET AL., 2020; OLIVEIRA; PINheiro, 2022).

Este trabalho tem como objetivo principal a implementação de um sistema de energia renovável voltado à captação de água potável na comunidade indígena Pena Preta. Para isso, foram definidos os seguintes objetivos específicos: construir as estruturas de suporte para as placas solares, o sistema de bombeamento e o reservatório, além de montar o sistema de ligação entre as placas solares e o motor-bomba.

A relevância deste estudo está na aplicabilidade de fontes renováveis de energia como forma de ampliar o acesso à energia em áreas carentes, promovendo inclusão social, sustentabilidade e melhorias nas condições básicas de vida. A adoção de tecnologias limpas para viabilizar o acesso à água potável em aldeias indígenas e regiões com infraestrutura precária é uma ação estratégica e necessária. Nesse contexto, esta pesquisa se propõe a responder à seguinte questão: como a implementação de energia renovável pode contribuir para a captação de água potável em uma comunidade indígena? A metodologia adotada baseou-se em uma revisão integrativa da literatura, com análise de publicações científicas e técnicas relacionadas ao tema, visando atingir os objetivos propostos de forma consistente e embasada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa de campo complementada por uma revisão integrativa da literatura sobre o tema. O estudo segue uma abordagem descritivo-qualitativa, utilizando bases de dados especializadas para a busca de publicações relevantes. Foram adotados descritores específicos, considerando artigos publicados entre 2019 e 2023 nas bases Scielo.org, Lilacs e Google Acadêmico, todos em português. Os termos utilizados incluíram energia renovável, fotovoltaico, captação de água e comunidade indígena, assegurando a relevância dos materiais selecionados para a análise.

A pesquisa foi estruturada em cinco etapas: formulação do problema, coleta de dados, avaliação dos dados coletados, análise e interpretação e, por fim, apresentação dos resultados. A seleção dos conteúdos seguiu critérios de inclusão e exclusão relacionados ao tema, idioma, período e leitura integral, resultando na escolha final de 15 artigos. Além disso, foi realizado um estudo de caso com a implementação de uma bomba d'água acionada por placas solares, para captação de água potável destinada à comunidade indígena.

3. RESULTADOS

Nesta seção, apresentam-se os principais resultados do trabalho, que inicialmente consistiu em uma revisão bibliográfica para fundamentar o conhecimento técnico dos pesquisadores e compreender melhor a temática. Em seguida, detalha-se a experiência prática durante a implementação do sistema de energia solar para acionamento das bombas de água na comunidade indígena.

3.1. ENERGIA RENOVÁVEL E SUA RELEVÂNCIA NA ATUALIDADE

O crescimento populacional e o desenvolvimento da humanidade aumentaram significativamente o consumo de energia, o que reforça a necessidade de buscar fontes limpas e sustentáveis. O uso de combustíveis fósseis, principal responsável por impactos ambientais negativos como efeito estufa, derretimento das calotas polares, poluição atmosférica e da água, evidencia a urgência de alternativas energéticas sustentáveis (BRANCO, 2021; GONÇALVES, 2022).

A preservação ambiental exige a produção de energia limpa, com destaque para fontes como a solar, por meio de células fotovoltaicas. A adoção dessas tecnologias prioriza a sustentabilidade, sendo aplicável tanto em residências quanto em indústrias (BRANCO, 2021; GONÇALVES, 2022).

A sustentabilidade envolve a redução de poluentes e impactos ambientais, especialmente pela exploração desenfreada dos recursos naturais, como campos petrolíferos em águas profundas, que apresentam elevado custo e risco ambiental (DE OLIVEIRA et al., 2022).

O uso de fontes renováveis, como a energia solar, promove metas de sustentabilidade com benefícios ambientais e para a saúde pública, devido à menor emissão de gases de efeito estufa, redução no consumo de água e menor geração de resíduos, evitando os impactos associados à mineração e extração de combustíveis fósseis (FERREIRA et al., 2022).

Além disso, contribui para a diversificação da matriz energética, reduzindo a dependência de fontes externas e a volatilidade dos preços dos combustíveis fósseis, trazendo resultados positivos para a economia nacional (MACEDO et al., 2020; OLIVEIRA e PINHEIRO, 2022).

A energia solar fotovoltaica é uma alternativa promissora, baseada em células capazes de converter luz em eletricidade sem combustão, poluição e com baixa manutenção. O Brasil apresenta condições favoráveis para sua adoção, devido à alta incidência solar e à disponibilidade de matéria-prima, como o silício (TAKASHI MIURA, 2020; VIEIRA et al., 2020).

3.2. CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURA PARA PLACAS SOLARES

Nesta etapa, apresenta-se a implantação de um sistema de placas solares e motor bomba, utilizando energia renovável para a captação de água na comunidade indígena Pena Branca. Foram realizadas várias visitas ao local para reconhecimento da área de instalação, levantamento das demandas específicas e avaliação das condições necessárias para a pré-instalação do sistema.

Importante destacar que a comunidade possui acesso difícil, sendo o deslocamento e o transporte dos materiais feitos principalmente por meio de barcos, conforme ilustrado na Imagem 1.

Imagem 1: viagem da equipe para a comunidade indígena

Fonte: Autores (2024)

Após a chegada à comunidade, a equipe fez contato com o líder local para discutir detalhes técnicos da instalação, como o posicionamento das placas solares e o local para perfuração do poço. Nas Imagens 2, é possível ver a área destinada ao sistema, previamente mapeada e selecionada pela equipe. Foi realizada a limpeza do espaço, que fica em uma região com incidência solar durante todo o dia.

Como o sistema de geração é off-grid, ou seja, funciona sem conexão com redes elétricas e não possui banco de baterias, todos os procedimentos de construção da estrutura começaram após o estudo e limpeza da área. A estrutura contou com quatro listões de 3 metros de comprimento, 3,20 metros de comprimento, 2,10 metros de largura

e 1,60 metro de altura, com uma inclinação de 1,50 metro. Para a construção foram usados tinta branca à base de água, pregos e parafusos (Imagens 2 e 3).

Imagem 2: a) local da construção b) estrutura em acabamento

Fonte: Autores (2024)

Finalizadas as estruturas, realizou-se a montagem das placas solares, que foram fixadas na parte superior da estrutura, utilizando suportes específicos. Nas Imagens 4 e 5, são apresentadas as placas solares usadas no projeto, dimensionadas com as seguintes especificações: potência de 450 watts, voltagem de 49,3 volts, corrente de 11,59 amperes, com valores máximos de 41,4 volts, 10,88 amperes e sistema máximo de voltagem de 1500 volts.

Cada placa tem dimensões de 2,10 metros de altura por 1,60 metro de largura, com peso de 23,5 kg. As placas foram montadas em série, totalizando três unidades, resultando em uma capacidade final de funcionamento de 1350 watts, 34,77 amperes de corrente total e 147,9 volts de voltagem total.

Imagem 3: a) Instalação das placas; b) Montagem das placas ao suporte

Fonte: Autores (2024)

Com o sistema fotovoltaico instalado e testado, o próximo passo foi a construção da casa da bomba. A estrutura seguiu as especificações de 1,30 m de altura, 1 m de largura

e 1 m de comprimento. Para isso, foram usados materiais para alvenaria, incluindo 300 tijolos de 8 furos, 2 m^3 de areia e 3 sacos de cimento CPIII.

Além disso, foram realizadas as perfurações dos poços, que tiveram profundidade de 25 metros, onde a água será captada para o reservatório.

Imagem 3: a) Início da construção da casa de bomba b) casa com construção finalizado

Fonte: Autores (2024)

Nas Imagens 4a e 4b é possível observar a construção e finalização da estrutura do reservatório que tem a capacidade de armazenar 5.000 litros de água, o qual está a 6 m de altura por 4 metro de largura, foram usados 4 esteios de 7 m, 12 prancha de 4 polegadas, prego, parafuso e tinta.

Imagem 4: Construção e finalização do reservatório

Fonte: Autores (2024)

Após a conclusão do reservatório e da casa de bomba, foi realizada a instalação do inversor de frequência e da bomba submersa, conectando a bomba ao inversor. O inversor tem a função de transformar a energia contínua coletada pelas placas solares em energia alternada, necessária para o funcionamento do motor, que opera com 110 volts, potência de 1100 watts, corrente de 10 amperes e 3600 rpm. O inversor suporta entrada DC de 110 V até um máximo de 185 V, com amperagem de até 15 amperes, como ilustrado nas imagens a seguir.

Imagem 5: Motor da bomba de água instalado e inversor de frequência

Fonte: Autores (2024)

Concluída a etapa de construção do sistema de captação de água com geração de energia renovável na comunidade indígena Pena Preta, a equipe fez teste de funcionamento do sistema, que ficou funcionando 100%. Nas Imagens 6 mostra a etapa de funcionamento.

Imagem 6: a) local da construção b) estrutura em acabamento

Fonte: Autores (2024)

Término da conclusão do sistema de coleta de água, foi feito todos os testes de funcionamento, onde obteve resultados satisfatório, no dia 29 de maio de 2024 foi entregue o sistema de coleta de água para a comunidade indígena, onde foi convocado uma reunião com todos, para explicar o modo de funcionamento e conscientiza o uso adequado da água.

Imagem 7: a) Local da construção b) Estrutura em acabamento

(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho traz um relato de experiência sobre a instalação de um sistema de energia solar para alimentar uma bomba de captação de água em uma comunidade indígena no interior do Amazonas. A implantação desse sistema representa um avanço importante na infraestrutura local, permitindo o acesso a recursos essenciais por meio de tecnologias sustentáveis.

Os sistemas de energia renovável surgem como a solução energética do futuro, principalmente para comunidades rurais e indígenas em situação vulnerável. Além de garantir o fornecimento de água potável, essa iniciativa gera impactos positivos no desenvolvimento econômico, social e ambiental, promovendo inclusão e melhorando a qualidade de vida dos moradores.

É essencial ampliar a atenção e os investimentos em projetos desse tipo, pois eles ajudam não só a preservar o meio ambiente, reduzindo a dependência de fontes convencionais de energia, mas também a fortalecer a autonomia dessas comunidades. A adoção dessas tecnologias incentiva o uso consciente dos recursos naturais e reforça a sustentabilidade local e global.

Além disso, os resultados do projeto mostram seu papel na redução da pobreza e na melhoria das condições de vida, garantindo o acesso contínuo à água potável. Esse impacto é ainda mais relevante em comunidades isoladas, onde a infraestrutura básica é limitada. A expansão de iniciativas semelhantes pode ajudar a construir um futuro mais justo e sustentável para essas populações.

REFERÊNCIAS

[1] BRANCO, D. D. **O impacto do consumo de energia renovável no crescimento económico da União Europeia**. 2021. Tese de Doutorado. Universidade do Minho (Portugal).

[2] DA CONCEIÇÃO, M. C. **Previsão de Produção de Energia Renovável para uma Comunidade Energética**. 2021.

[3] DA COSTA, J. M. L. **Modulação de comunidades locais de energia renovável**. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico do Porto (Portugal), 2022.

[4] DA SILVA, H. M. F.; ARAÚJO, Francisco José Costa. Energia solar fotovoltaica no Brasil: uma revisão bibliográfica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 3, p. 859-869, 2022.

[5] DE OLIVEIRA, A. M.; MARIO, M. C.; PACHECO, M. T. T. Fontes renováveis de energia elétrica: evolução da oferta de energia fotovoltaica no Brasil até 2050. **Brazilian Applied Science Review**, v. 5, n. 1, p. 257-272, 2021.

[6] FERREIRA, L. F.; SANTANA, J. R. D.; RAPINI, M. S.; MOURA, F. R. D. **Financiamento à pesquisa em energia renovável no Brasil: uma análise a partir do Fundo Setorial de Energia**. Nova Economia, *32*, 505-537, 2022.

[7] GONÇALVES, G. D. S. **Armazenamento de Energia em Comunidades de Energia Renovável**. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2021.

[8] MACEDO, M. A., DE SOUSA MELO, M., DA SILVA LIMA, S. E.; SILVA, T. S. **Energia renovável e sustentabilidade**. Revista Mundo Econômico, v. 7, n.2, 2020.

[9] OLIVEIRA, A. M. Q.; PINHEIRO, J. G. L. **Energia renovável com utilização da energia eólica.** Episteme Transversalis, v. 11, n. 1, 2020.

[10] TAKASHI, M. A. **Desenvolvimento de Energia Renováveis em Sistema Fotovoltaco, Sustentabilidade e Meio Ambiente**. 2023. Tese de Doutorado. Universidad Internacional Iberoamericana México.

[11] VIEIRA, M. R. S. **Energia limpa e acessível: os desafios para a garantia de acesso à energia renovável no Amazonas.** 2022.125 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2022.

Capítulo 15

Manifestações patológicas do pavimento asfáltico: estudo de caso na avenida do futuro Coari-AM

Mayhara Ramos da Silva
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: O objetivo deste trabalho é analisar as manifestações patológicas existentes no revestimento asfáltico da Avenida do Futuro Coari/AM, O artigo explora funcionamento, patologias comuns e técnica de tratamento eficaz. A pesquisa foi feita um levantamento visual e pesquisa de fontes diversas para coletar dados sobre os defeitos e patologias dos pavimentos flexíveis, foram identificadas as causas mais comuns dos problemas e as principais anomalias encontradas na avenida, como trincas, ondulações, remendos, desgaste e fissuras. focou na recuperação dessas patologias, mostrando acervos fotográficos e sugerindo possíveis soluções para os problemas, visando aumentar a vida útil do pavimento. Os resultados do estudo das manifestações patológicas no pavimento asfáltico da avenida do futuro em Coari, Amazonas são valiosos para a manutenção da via. Trincas, afundamentos, panelas e buracos, e desagregação foram identificados como problemas principais, causados por várias razões, como envelhecimento natural do asfalto e tráfego intenso. Recomenda-se a aplicação de técnicas de restauração e avaliação para recuperação das áreas mais críticas, visando melhorias na avenida.

Palavras-chave: Patologias; Pavimento flexível; Trincas; Recuperação de pavimento; manutenção viária.

1. INTRODUÇÃO

O presente estudo aborda as manifestações patológicas do pavimento asfáltico na Avenida do Futuro, localizada em Coari-AM. As rodovias brasileiras desempenham papel fundamental no transporte de passageiros e cargas, exigindo pavimentação durável e de baixa manutenção para suportar o elevado tráfego, conforme destacado por Da Costa Oliveira et al. (2019). Entre os problemas recorrentes observados nas vias asfaltadas no país, destacam-se as rachaduras, que dificultam a manutenção e reabilitação das estruturas viárias. Embora os projetos de pavimentação considerem parâmetros estruturais adequados, aspectos funcionais como a fricção entre pneu e pavimento nem sempre são contemplados, o que pode contribuir para o surgimento de patologias nas misturas asfálticas.

O transporte rodoviário é a principal modalidade para o deslocamento de cargas e pessoas no Brasil. Entretanto, a insuficiência de investimentos na construção e manutenção das rodovias tem resultado em condições precárias das vias, comprometendo a eficiência, segurança e conforto dos usuários, conforme ressaltado por Amaral (2021). As patologias do pavimento asfáltico podem ser classificadas em estruturais, relacionadas à perda de estabilidade, e funcionais, que afetam a segurança e o conforto, englobando defeitos visíveis na pista (COMASSETTO, 2019). Em Haiden (2018), o autor enfatiza que a falta de manutenção adequada, aliada ao tráfego intenso, condições climáticas adversas e dimensionamento incorreto do pavimento, são fatores determinantes para o surgimento dessas patologias.

A carência de manutenção do sistema viário urbano constitui um problema recorrente em diversas regiões do país. A preservação das condições adequadas de tráfego depende de intervenções oportunas, que devem ser realizadas conforme o grau de deterioração e os níveis de qualidade exigidos. Para tanto, a manutenção preventiva e corretiva é imprescindível (LIMA JÚNIOR, 2023). Segundo Teixeira (2022), o pavimento é uma estrutura formada por múltiplas camadas de materiais distintos, assentada sobre o subleito, que visa suportar esforços verticais e horizontais, proporcionando segurança e conforto ao tráfego. A durabilidade do pavimento está condicionada à manutenção adequada, pois a deterioração progressiva afeta o desempenho dos veículos, eleva o risco de acidentes, aumenta o consumo de combustível e o tempo de deslocamento, além de incrementar os custos operacionais e prejudicar a competitividade no mercado.

De acordo com Souza (2021), os usuários enfrentam consequências negativas decorrentes da má qualidade das vias, tais como redução da velocidade média, atrasos, maior consumo de combustível, elevação dos custos operacionais e aumento da probabilidade de acidentes. Maia (2022) acrescenta que, mesmo após a abertura ao tráfego, a vida útil do pavimento é limitada por fatores naturais, como intempéries e falta de drenagem adequada, além do desgaste causado pelo tráfego, demandando intervenções periódicas para conservação e manutenção. Sousa (2020) evidenciou que muitas patologias se devem à baixa qualidade da malha rodoviária nacional, refletindo-se em elevados custos para pavimentação e manutenção.

O presente trabalho visa identificar as causas das anomalias presentes no pavimento asfáltico da avenida estudada. Segundo Maia (2022), garantir a eficiência dos materiais empregados, incluindo o ligante asfáltico e os agregados, é fundamental para prevenir patologias e deformações permanentes. O entendimento da dinâmica estrutural do pavimento é imprescindível para que os engenheiros adotem medidas adequadas que assegurem a durabilidade e a segurança das vias. Assim, este artigo apresenta uma

avaliação das condições do pavimento da Avenida do Futuro, identificando os principais problemas e propondo recomendações para manutenção e reabilitação em Coari-AM.

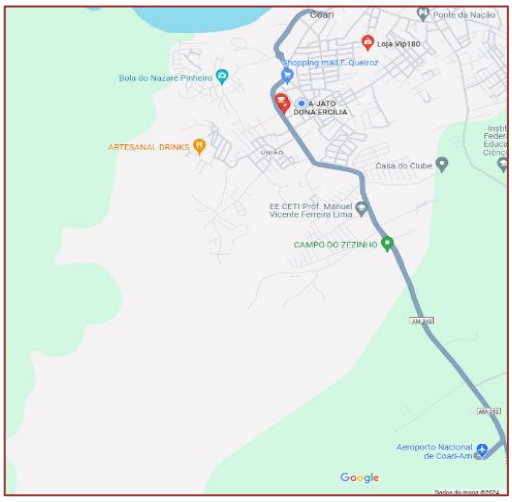
2. METODOLOGIA

A metodologia adotada compreendeu, inicialmente, um levantamento visual contínuo da via, complementado por pesquisa bibliográfica em manuais, normas, artigos científicos e outras fontes pertinentes. A inspeção das patologias e defeitos superficiais do pavimento foi realizada por meio de observação direta in loco, com registro fotográfico para posterior análise, buscando identificar a origem dos problemas e possíveis soluções, bem como as necessidades de recuperação.

Na segunda etapa, foram analisadas as causas mais frequentes das anomalias identificadas, destacando-se a má conservação e os tipos de patologias presentes na avenida, como afundamentos pontuais (“panelas”), remendos, desgaste superficial, ondulações, fissuras e trincas. A via em estudo possui extensão de 5,34 km e sofre deformações permanentes decorrentes do elevado fluxo de veículos, resultando em repetição de cargas sobre o pavimento.

A etapa seguinte consistiu na demonstração dos métodos empregados para a recuperação dessas patologias, com a apresentação de registros fotográficos que ilustram as intervenções. Por fim, foram indicadas possíveis soluções para os problemas identificados, visando à manutenção e renovação do pavimento, com o intuito de prolongar sua vida útil. O estudo foi concluído com considerações e sugestões finais, baseadas na análise dos dados obtidos em todas as etapas.

Figura 1: Localização do local de estudo, Avenida do Futuro



Fonte: Google Maps (2024)

3. RESULTADOS

Os resultados obtidos no estudo sobre as manifestações patológicas no pavimento asfáltico da Avenida do Futuro, em Coari-AM, são apresentados a seguir. Em março de 2024, foi realizado um levantamento visual contínuo, acompanhado de coleta e análise de dados relativos ao estado do pavimento flexível da avenida. A inspeção permitiu constatar a necessidade urgente de manutenção, uma vez que o reconhecimento correto das manifestações patológicas é fundamental para o planejamento das ações de recuperação e para a escolha adequada das técnicas a serem aplicadas.

Durante o levantamento, foram identificadas diversas patologias decorrentes da má conservação da via, destacando-se defeitos como afundamentos localizados conhecidos como “panelas”, remendos mal executados, desgaste superficial, ondulações, fissuras e trincas. Tais condições resultam em desconforto e riscos para os usuários da avenida, comprometendo a segurança e a fluidez do tráfego.

As fissuras observadas consistem em pequenas rachaduras no revestimento asfáltico, que podem apresentar orientação longitudinal, transversal ou oblíqua, com extensão inferior a 30 cm, conforme ilustrado na Figura 2a. Já as trincas transversais, exemplificadas na Figura 2b, são decorrentes da retração térmica do concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) e podem variar em comprimento. Essas fissuras e trincas têm origens diversas, incluindo fadiga do material, retração térmica, processos de consolidação do pavimento, presença de juntas de construção e envelhecimento natural da estrutura.

Figura 2: a) Fissuras; b) Trinca na Avenida do Futuro

(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

O afundamento plástico foi identificado na Avenida do Futuro, manifestando-se principalmente na região do trilho de roda e no levantamento do bordo lateral, conforme ilustrado na Figura 3a. Essas anomalias tornam-se mais evidentes após períodos de chuva, quando os sulcos acumulam água. O afundamento ocorre devido à fluidez de uma camada do revestimento ou das camadas subjacentes do pavimento, provocando deformações plásticas no material que resultam em depressões na superfície. Essa falha pode ser atribuída a fatores como excesso de ligante na mistura asfáltica, dificuldade no preenchimento dos vazios ou falhas no processo construtivo (SOUSA, 2020).

As corrugações presentes na via, evidenciadas na Figura 3b, são causadas por instabilidade da mistura asfáltica, umidade excessiva no solo, contaminação e falta de aeração, além das tensões horizontais geradas pelo tráfego de veículos. A aplicação inadequada do revestimento, seja por excesso ou insuficiência na imprimação, e a compactação incorreta contribuem para o surgimento dessas ondulações. A escolha inadequada do cimento asfáltico para o tipo específico de pavimento também pode influenciar no aparecimento desse defeito (SOUSA, 2020).

Figura 3: a) Afundamentos na Avenida do Futuro; b) Ondulação ou Corrugação na avenida do futuro

(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

O desgaste foi uma das manifestações observadas na Avenida do Futuro, decorrente do progressivo arrancamento dos agregados superficiais do pavimento, caracterizado pela aspereza na camada mais profunda do revestimento. Essa condição resulta dos esforços tangenciais provocados pelo intenso tráfego de veículos (SANTOS, 2018).

A Figura 4 ilustra essa patologia, que pode ser atribuída à falta de aderência entre ligante e agregado, à volatilização e oxidação do asfalto, agravadas pelo elevado fluxo veicular, pela execução da obra em clima úmido, pela presença de água no interior do revestimento e por falhas no projeto ou na execução da mistura, como a compactação insuficiente, a utilização de agregados inadequados e a realização da obra em condições meteorológicas desfavoráveis (SOUSA, 2020).

Figura 4: Desgaste da Avenida do Futuro

Fonte: Autores (2024)

As panelas, também conhecidas como buracos, constituem cavidades formadas inicialmente na superfície do revestimento, apresentando variações em dimensões e profundidade. Essa deformidade representa uma patologia grave, pois compromete a integridade estrutural do pavimento ao permitir a infiltração de águas superficiais no interior da estrutura (SOUSA, 2020).

Nas Figuras 5a e 5b, são evidenciadas panelas e buracos com acumulação de água na superfície em trechos da Avenida do Futuro, o que acarreta transtornos ao tráfego de veículos. Figura 4 apresenta o desgaste do pavimento, enquanto as Figuras 5a e 5b ilustram as panelas e buracos identificados.

Figura 5: a) Panelas na Avenida do Futuro; b) Buracos na Avenida do Futuro

(a)

(b)

Fonte: Autores (2024)

O remendo constitui uma prática comum na conservação das superfícies asfálticas, porém, frequentemente sua execução inadequada resulta em desníveis no pavimento, ocasionando desconforto aos usuários da via. O remendo profundo, caracterizado pela substituição do revestimento e, eventualmente, de uma camada inferior do pavimento, geralmente apresenta forma retangular (SOUSA, 2020).

A recuperação das patologias identificadas pode ser realizada por meio da reconstrução do trecho danificado, com a remoção do revestimento asfáltico,

compactação da base e posterior recomposição da estrutura utilizando concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), conforme projeto técnico específico.

No caso das fissuras, a técnica recomendada consiste na fresagem com largura aproximada de 30 cm, seguida da reposição do CBUQ, o que confere maior durabilidade ao pavimento e contribui para a prevenção de trincas. Essas fissuras são decorrentes de dosagem incorreta, compactação inadequada e excesso de materiais finos na mistura asfáltica (COMASSETTO, 2019).

Para a manutenção das trincas com menor grau de desgaste, pode-se aplicar lama asfáltica que atua como selante e rejuvenescente do revestimento, bloqueando a infiltração de água e retardando a deterioração causada pelo intemperismo. As trincas resultam de múltiplas causas, incluindo fadiga, retração térmica, processos de consolidação, juntas de construção e envelhecimento do pavimento. Flutuações térmicas provocam contrações e expansões no material asfáltico, favorecendo o aparecimento dessas fissuras, enquanto a radiação solar enfraquece o ligante, tornando-o mais suscetível a danos. Além disso, a pressão repetitiva dos pneus de veículos contribui para a formação progressiva dessas trincas. Misturas asfálticas inadequadas apresentam maior propensão ao desenvolvimento prematuro dessas patologias (AMARAL, 2021).

Para o tratamento de afundamentos, recomenda-se o emprego de técnicas como recapeamento e fresagem. O recapeamento consiste na aplicação de novas camadas asfálticas sobre o pavimento existente, enquanto a fresagem envolve a remoção do revestimento danificado, permitindo a restauração da qualidade superficial. O material removido pode ser reutilizado, o que representa uma vantagem ambiental. As causas do afundamento incluem a deformação plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, falhas na dosagem da mistura asfáltica, excesso de ligante, seleção inadequada do revestimento para as cargas aplicadas, compactação insuficiente durante a construção e enfraquecimento estrutural devido à infiltração de água (SOUSA, 2020).

No caso das corrugações, as técnicas de recuperação englobam recapeamento, fresagem e reparos localizados de fissuras. A instabilidade da mistura asfáltica, umidade excessiva no subleito, contaminação da mistura e falta de aeração contribuem para esse defeito, que também é intensificado por tensões cisalhantes horizontais causadas por frenagens e acelerações de veículos na via (SOUSA, 2020).

O desgaste pode ser tratado com a aplicação de lama asfáltica em casos de menor intensidade, desde que a estrutura do pavimento apresente condições adequadas. Quando a estrutura estiver comprometida, recomenda-se a remoção completa do pavimento afetado, reconstrução das camadas de base e sub-base, seguida de recapeamento. Essa patologia ocorre em decorrência da oxidação do ligante, tráfego intenso, ação de agentes climáticos, presença de sujeira durante a construção, condições meteorológicas adversas, infiltração de água gerando pressões hidrostáticas e falhas na aplicação do ligante (FILHO, 2020).

A recuperação de panelas ou buracos é realizada por meio de remendos executados adequadamente. O desgaste ou desagregação do pavimento está relacionado às ações do tráfego, principalmente ao peso dos veículos, e às condições climáticas. A exsudação do asfalto ocorre quando há excesso de ligante, formando uma película brilhante na superfície. Essas deformidades comprometem estruturalmente o pavimento e facilitam a penetração de água, acelerando a deterioração.

Panelas geralmente se desenvolvem a partir de trincas, afundamentos ou desgaste do revestimento, sendo mais frequentes em áreas com tráfego intenso e condições climáticas adversas. A demarcação para a restauração deve ser realizada com cortes retos e ângulo de 90º, garantindo uma base firme para o novo material asfáltico. Após a demolição do trecho comprometido, o material degradado é removido manualmente com ferramentas apropriadas. As Figuras 6a e 6b ilustram, respectivamente, a demarcação e abertura manual do remendo, bem como a remoção do material deteriorado.

Figura 6: a) Demarcação do corte; b) limpeza do local

(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

Após a remoção do material asfáltico comprometido, procede-se com a varrição da área utilizando vassoura apropriada, a fim de eliminar a poeira e qualquer resíduo solto presente na superfície. Essa limpeza é essencial para garantir a aderência adequada da próxima etapa do processo de recuperação. A Figura 7a ilustra o procedimento de limpeza da base, evidenciando a retirada de pó e materiais soltos, de modo que a superfície esteja completamente preparada para o recebimento da pintura de ligação.

Concluída a limpeza, aplica-se a emulsão asfáltica do tipo RR-2C no fundo e nas laterais da área recortada. Essa aplicação deve garantir a cobertura total da superfície que receberá a nova massa asfáltica. Além disso, o revestimento existente ao redor da área danificada também deve ser recoberto com a emulsão, numa faixa adicional entre 10 e 20 centímetros de largura em cada lado, promovendo melhor aderência entre o material novo e o antigo. A Figura 7b demonstra a aplicação da emulsão asfáltica RR-2C, evidenciando a importância de se cobrir integralmente a área com a pintura de ligação antes da inserção do novo revestimento.

Figura 7: a) Limpeza com Vassoura; b) Emulsão Asfáltica

(a) (b)

Fonte: Autores (2024).

A aplicação da massa asfáltica na área previamente preparada é realizada de forma manual, utilizando rastelos para garantir que o material seja distribuído de maneira uniforme e nivelado com o pavimento existente. Esse cuidado é essencial para evitar desníveis que possam gerar acúmulo de água na superfície. A Figura 8a ilustra o espalhamento manual da massa asfáltica durante a execução de um remendo na via.

Após o espalhamento, a compactação do material deve ser realizada com o auxílio de equipamentos apropriados. Em áreas de menor extensão, utiliza-se uma placa vibratória; em casos de panelas ou buracos de maiores dimensões, é recomendada a utilização de um rolo compactador. A Figura 8b apresenta o processo de compactação da massa asfáltica com rolo de chapa, procedimento fundamental para garantir a resistência e a durabilidade do reparo.

Figura 8: a) Espalhamento Manual do Asfalto; b) Rolo Compactador

(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

As manifestações patológicas analisadas neste estudo são típicas de regiões sujeitas a tráfego intenso e a variações climáticas significativas. Entre os principais fatores que contribuem para essas falhas estão a fluência plástica das camadas do pavimento, falhas na dosagem dos materiais, compactação inadequada e infiltração de água nas estruturas inferiores. Diante desse cenário, torna-se essencial adotar práticas de manutenção preventiva e empregar técnicas de restauração apropriadas, a fim de preservar a qualidade estrutural e funcional das vias.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar as manifestações patológicas presentes no pavimento asfáltico da Avenida do Futuro, no município de Coari, Amazonas. A pesquisa foi conduzida por meio de levantamento de campo, com observações diretas das condições do pavimento. Foram identificadas diversas patologias, incluindo trincas longitudinais e transversais, afundamentos, panelas e buracos, além da desagregação das camadas superficiais em vários trechos da via.

Com base nos dados coletados, conclui-se que a ocorrência dessas falhas compromete não apenas a durabilidade do pavimento, mas também a segurança e o conforto dos usuários. A manutenção preventiva se mostra essencial para a preservação da infraestrutura viária, sendo recomendada a aplicação de técnicas específicas de restauração que atendam às características da via analisada.

Adicionalmente, destaca-se a importância de realizar estudos locais que considerem as particularidades do solo, do clima e das condições de tráfego da região de Coari, de modo a subsidiar a escolha das melhores soluções de reabilitação para o pavimento, promovendo intervenções mais eficientes e duradouras.

REFERÊNCIAS

[1] AMARAL, P. O. et al. Patologias em pavimentos flexíveis. **Revista GeTeC**, v. 10, n. 30, 2021.

[2] COMASSETTO, E. G. Manifestações patológicas em pavimento asfáltico: estudo de caso: Rodovia ERS-348. 2019.

[3] Da Costa Oliveira, D. Identificação de manifestações patológicas em pavimentos asfálticos na cidade de Santa Margarida-MG. **Revista Pensar Acadêmico**, v. 17, n. 1, p. 33-42, 2019.

[4] GOMES, B. N. R. A importância da conservação do pavimento rodoviário para aumentar o tempo de vida útil da Rodovia. **Trabalho de Conclusão de Curso**, Unicesumer Maringá, PR, 2018.

[5] GOOGLE MAPS, 2024. Disponível em: < https://www.google.com.br/maps/@-4.0943972,-63.1473156,15.5z?entry=ttu >. Acesso em: 06/06/2024.

[6] HAIDEN, A. M. H. **Manifestações patológicas de pavimento asfáltico** –estudo de caso: rodovia PR-323–km 175 a km 179. p. 5-24, 2018.

[7] LIMA JÚNIOR, F. C. L. **Estudo de caso das manifestações patológicas da avenida Juscelino Kubitschek no município de Iguatu-CE**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso.

[8] MAIA, Nilton Rodrigues da Silva. Manifestações patológicas em pavimento flexível de rodovia: um estudo de caso da rodovia estadual BA 120. 2022.

[9] SOUSA, M. P. **Análise das patologias de pavimentos asfáltico mais comuns e suas melhores alternativas para recuperação.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Pitágoras, Marabá/PA, p. 1-29, 8-29, 2020.

[10] SOUZA, S. M. C. Análise das manifestações patológicas no pavimento flexível estudo de caso em determinados pontos da Avenida Artêmia Pires-Feira de Santana, Bahia. 2021.

[11] SANTOS, J. E. M., **Pavimento de concreto: histórico, tipos e modelo de fadiga. –** Rio de Janeiro, 2018.

[12] TEIXEIRA, D. M. **Análise das manifestações patológicas em pavimento asfáltico flexível: aplicação do Índice de Gravidade Global (IGG) em trechos da CE-371 entre Acopiara-CE e Catarina-CE**. 2022.

Capítulo 16

Revitalização da instalação elétrica do Centro Educativo Nossa Senhora das Graças da cidade de Parintins-AM

Menilson Azevedo dos Santos
Alexandra Amaro de Lima
Elton Viana Soares

Resumo: Para um bom projeto elétrico ou a correção de instalações inadequadas, é fundamental realizar o dimensionamento conforme a Norma Brasileira 5410 de 2004 (NBR5410) de Baixa Tensão, garantindo a segurança dos usuários e equipamentos. Neste estudo, foi feita uma análise abrangente das instalações elétricas da Escola Municipal "Centro Educacional Nossa Senhora das Graças - CENSG", situada no Município de Parintins-AM com o objetivo de apresentar um projeto de revitalização nesta instituição de ensino. Inicialmente, foram identificados os componentes da instalação atual da escola, seguido pela identificação das não conformidades de acordo com as normas técnicas da ABNT. Em seguida, foram sugeridas melhorias para adequar a instalação elétrica. Por fim, foi apresentada a proposta de reforma no trabalho realizado e a implementação da proposta apresentada, mostrando melhorias nas instalações elétricas, tanto em segurança quanto em eficiência.

Palavras-chave: Projeto de revitalização, NBR5410, Instalações elétricas.

1. INTRODUÇÃO

A utilização da energia elétrica tornou-se elemento essencial no cotidiano contemporâneo, estando presente em diversos setores da sociedade, como a indústria, o comércio, a iluminação pública e residencial, os serviços públicos e, notadamente, nas instituições de ensino e pesquisa. A energia elétrica desempenha papel fundamental no desenvolvimento econômico e social, viabilizando a produção de bens, a prestação de serviços e a promoção do bem-estar coletivo (CARVALHO, 2014).

Contudo, o uso seguro da energia elétrica exige o cumprimento de normas técnicas e regulamentações específicas, que estabelecem parâmetros para o projeto de instalações e para a adoção de medidas preventivas contra riscos elétricos. O descumprimento dessas diretrizes pode resultar em acidentes graves. Segundo a Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (ABRACOPEL, 2023), foram registrados no Brasil, apenas no ano de 2022, um total de 1.828 acidentes relacionados à eletricidade, com 686 óbitos decorrentes de choques elétricos e incêndios por sobrecarga (DE SOUZA et al., 2023). Tais ocorrências, em grande parte, poderiam ser evitadas com o uso de dispositivos de proteção, isolamento adequado de cabos e conexões, e manutenção periódica das instalações.

Nesse sentido, Cruz e Aniceto (2014) destacam que o planejamento adequado, aliado ao correto dimensionamento de cabos e dispositivos de proteção, é especialmente importante em edificações antigas, onde os componentes da rede elétrica apresentam desgaste pelo tempo de uso. Intervenções bem planejadas permitem mitigar riscos de acidentes, aumentar a capacidade da rede e garantir segurança na operação dos equipamentos.

A norma NBR 5410:2004, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), estabelece os requisitos mínimos para o projeto, execução e manutenção de instalações elétricas de baixa tensão, em edificações residenciais, comerciais e institucionais. O cumprimento dessas diretrizes assegura o uso eficiente e seguro da energia elétrica, prevenindo acidentes com pessoas e animais, bem como prejuízos materiais (ABNT, 2004).

O Centro Educacional Nossa Senhora das Graças (CENSG), localizado no município de Parintins-AM, iniciou suas atividades no ano de 2000 e, até 2023, não havia passado por processos de revitalização elétrica nem por adequações técnicas que garantissem a conformidade com a norma NBR 5410. A inexistência de tais intervenções expõe o edifício escolar a falhas na distribuição de energia, mau funcionamento de equipamentos e riscos à integridade física de alunos, professores e demais usuários da edificação.

Considerando essa situação, em novembro de 2023 foi iniciado um projeto de revitalização das instalações elétricas do CENSG, por meio do programa “Cidadania e Educação – Revitalização de Escolas Públicas em Municípios Brasileiros”, financiado pela Fundação Banco do Brasil (FBB). A execução do serviço foi realizada pela empresa Panauarú Refrigeração, especializada em engenharia elétrica, com fornecimento de materiais e mão de obra qualificada.

As ações envolveram, ao longo de um período de três meses, a análise técnica da situação elétrica da escola, seguida da implementação do projeto de adequação conforme as exigências da NBR 5410:2004. Isso incluiu a substituição integral dos circuitos antigos e a correção de falhas identificadas ao longo de toda a estrutura da edificação.

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso referente à situação das instalações elétricas da Escola Municipal Centro Educacional Nossa Senhora das Graças, elencando as intervenções realizadas e demonstrando sua adequação às normas vigentes, a fim de garantir segurança, eficiência energética e funcionalidade à infraestrutura elétrica da instituição.

2. MATERIAL E MÉTODOS

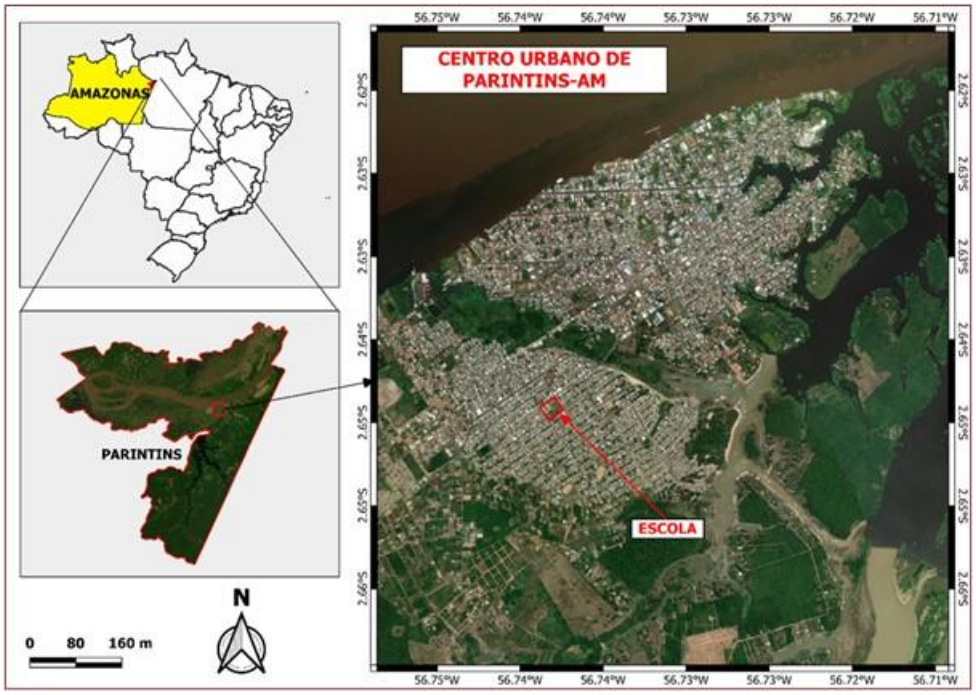
2.1. ÁREA DE ESTUDO

A Escola Pública Municipal Centro Educacional Nossa Senhora das Graças (CENSG) está localizada na zona urbana do município de Parintins, estado do Amazonas, na Rua Romualdo Corrêa, nº 3714, bairro Itaúna II (Figura 1). A instituição ocupa um terreno de aproximadamente 874 m^2, dos quais 400 m^2 correspondem à área construída. Suas atividades tiveram início no ano de 2000, com a chegada do Bispo Dom Giuliano Frigeni à Diocese local, por meio do Projeto da Pastoral do Menor. O objetivo inicial era atender crianças e adolescentes provenientes majoritariamente da zona rural, cujas famílias se encontram em situação de vulnerabilidade socioeconômica.

A escola oferece Ensino Regular, com turmas da Educação Infantil e do Ensino Fundamental I (1º ao 5º ano), funcionando também em contraturno escolar. Os alunos têm acesso à alimentação, laboratórios de informática, salas de leitura e reforço pedagógico, conforme suas necessidades específicas.

No momento do planejamento para a revitalização das instalações elétricas, identificaram-se falhas nos sistemas de iluminação das salas de aula e corredores, além de tomadas fora dos padrões técnicos estabelecidos pela norma NBR 5410:2004 e, em muitos casos, sem funcionamento. Nesse contexto, a substituição de cabos e componentes responsáveis pela distribuição e proteção da rede elétrica mostrou-se fundamental, considerando o atual estado da edificação.

Figura 1: Escola Pública Municipal Centro Educacional Nossa Sra. das Graças, Parintins - AM.



Fonte: Marcio Oliveira (2024).

2.2. INSPEÇÃO VISUAL DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Para a análise da situação elétrica da instituição, foi realizada uma inspeção visual preliminar, com o auxílio de equipamento de medição de tensão (multímetro), a fim de auxiliar no diagnóstico das condições existentes. A inspeção consistiu em uma verificação rápida das instalações elétricas da edificação, com o objetivo de identificar a presença (ou ausência) de dispositivos essenciais de proteção contrachoques elétricos, sobretensões e sobrecorrentes, além do cumprimento de outros requisitos normativos relevantes.

Segundo a Instrução Técnica 41 do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (CBPMESP, 2021), a inspeção visual deve iniciar-se pelo ponto de entrada de energia da concessionária, seguindo para os quadros de distribuição, onde se concentram os principais dispositivos de proteção. Para a análise visual preliminar, não se faz necessária a verificação de todos os quadros terminais, sendo suficiente a inspeção de uma amostragem representativa.

2.3. ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL COM ACOMPANHAMENTO DA EQUIPE ESCOLAR

Além da inspeção visual, realizou-se uma reunião com a equipe gestora da escola, com o intuito de identificar a finalidade específica de cada ambiente. Essa etapa foi fundamental para adequar o projeto às exigências da norma NBR 5410, uma vez que o uso de cada espaço influencia diretamente na definição da carga elétrica necessária e na disposição dos componentes da instalação.

Com base nas informações coletadas e nas observações realizadas, elaborou-se um projeto de revitalização com foco na segurança dos usuários — especialmente por se tratar de um ambiente escolar frequentado por crianças, cuja compreensão sobre os

riscos da eletricidade é limitada. O projeto considerou ainda aspectos de custo-benefício, utilizando a estrutura de alvenaria já existente e reaproveitando, sempre que possível, os caminhos dos condutores elétricos previamente instalados.

A Tabela 1 apresenta as alterações e adequações consideradas necessárias diante do diagnóstico da situação inicial. Para a elaboração do projeto técnico, utilizou-se o software AutoCAD, o qual permitiu definir a localização exata dos elementos da instalação elétrica no edifício, incluindo pontos de iluminação, tomadas, quadros de distribuição e condutores.

2.4. PLANEJAMENTO DO PROJETO DE REVITALIZAÇÃO

O projeto de revitalização foi estruturado a partir de desenhos técnicos, com o objetivo de representar de forma clara e precisa os detalhes da nova instalação elétrica. Os desenhos contemplaram a disposição de tomadas, pontos de iluminação, comandos, rotas e bitolas de cabos, dispositivos de proteção, cargas totais e distribuição por circuitos, entre outros aspectos relevantes para a execução da obra.

Conforme Lima (2011), os diagramas elétricos são fundamentais para a organização de sistemas elétricos de forma segura, eficiente e econômica. Esses diagramas funcionam como representações gráficas das conexões e componentes que compõem a instalação, permitindo uma visualização clara de seu funcionamento.

O autor destaca ainda que a principal função de um projeto elétrico é assegurar o fornecimento de energia desde a rede da concessionária ou de fontes de geração própria até os pontos de consumo, sem riscos de subdimensionamento ou sobrecarga, garantindo, assim, segurança e eficiência energética. Para tanto, utilizou-se a plataforma AutoCAD como ferramenta gráfica para a elaboração do projeto técnico da revitalização elétrica da escola.

3. RESULTADOS

3.1. INSPEÇÃO VISUAL DA SITUAÇÃO ATUAL DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS NO CENTRO EDUCACIONAL

A inspeção visual realizada evidenciou que o fornecimento de energia elétrica da instituição opera por meio de um sistema trifásico, não sendo necessária, portanto, qualquer intervenção junto à concessionária para fins de redimensionamento da entrada de energia. No entanto, foram observadas diversas não conformidades nas instalações internas da edificação, em desacordo com os requisitos estabelecidos pela norma NBR 5410:2004.

Entre os principais problemas identificados, destaca-se a ausência de sistema de aterramento adequado, condição que compromete diretamente a segurança das instalações e dos usuários. Além disso, os cabos de entrada no quadro de distribuição apresentavam sinais de oxidação e espessura incompatível com os parâmetros normativos, o que pode acarretar riscos de sobreaquecimento, perda de eficiência e acidentes elétricos.

A Figura 2 ilustra os pontos analisados durante a verificação da situação elétrica da instituição:

- Análise do padrão de entrada de energia elétrica, com a finalidade de verificar a necessidade de eventuais alterações na estrutura de alimentação da rede (Figura 2a);
- Verificação da caixa de entrada, onde foi identificada a inexistência de sistema de aterramento e a presença de cabos em desacordo com as especificações da NBR 5410 (Figura 2b).

Figura 2: a) Verificação do padrão de entrada atual; b) Caixa de entrada sem aterramento, cabos fora do especificado a norma NBR 5410.

Fonte: Autores (2024)

3.2. ANÁLISE DA INSTITUIÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS NA INSTITUIÇÃO COM ACOMPANHAMENTO COM OS RESPONSÁVEIS PELA ESCOLA

Após a análise preliminar das instalações elétricas, foi realizada uma etapa complementar em conjunto com os responsáveis pela escola, com o objetivo de identificar as especificidades de uso de cada ambiente. Essa etapa foi fundamental para levantar as adequações necessárias, considerando as demandas funcionais da instituição e os requisitos estabelecidos pela norma NBR 5410.

A partir dessas informações, foi possível elaborar um diagnóstico mais preciso das intervenções a serem executadas, priorizando a segurança, a funcionalidade e a conformidade normativa das instalações elétricas. Os resultados desse levantamento são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Contraponto entre o estado atual da Escola e adequações propostas.

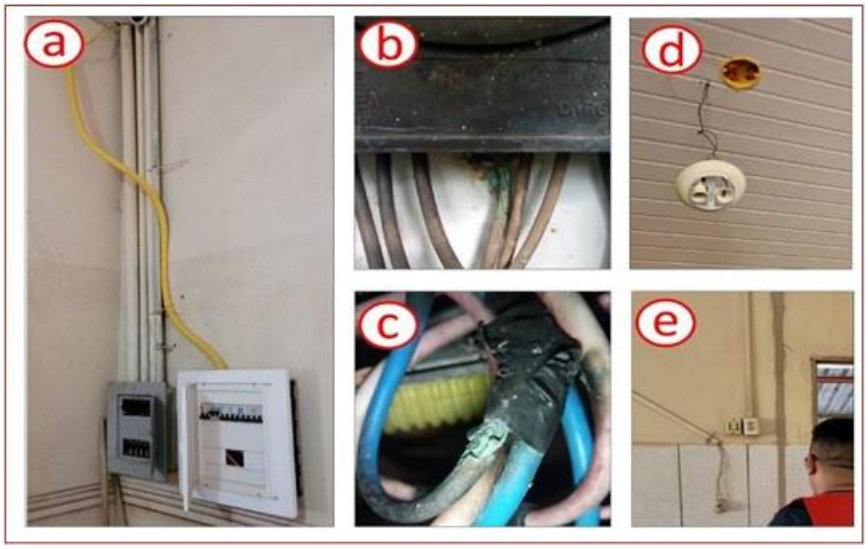
Ambiente	Estado antes da revitalização	Adequações propostas
Áreas externas	Iluminação em lâmpadas tubulares fluorescentes e pontos de tomadas insuficientes e inadequados à Norma. O Quadro de distribuição como poucas divisões de controle dos circuitos elétricos. Ausência de aterramento de proteção na instalação. Caixa de passagem cabos oxidados	Adequação da iluminação com lâmpadas LED. Acréscimo de pontos de tomadas, além da substituição do cabeamento e de tomadas antigas. Acrescido circuitos de controle e proteção dos circuitos elétricos. Adicionado circuito de aterramento na instituição, caixa de passagem com o fechamento do sistema de aterramento.
Banheiros	Iluminação em lâmpadas tubulares fluorescentes.	Substituição da iluminação atual por lâmpadas LED.
Biblioteca e Dispensa	Iluminação em lâmpadas tubulares fluorescentes e pontos de tomada avariados e insuficientes para o ambiente.	Substituição da iluminação atual por lâmpadas LED e acréscimo de TUE e TUG para instalação dos aparelhos de ar-condicionado, além da substituição do cabeamento e de tomadas antigas.
Corredores	Iluminação em lâmpadas tubulares fluorescentes e pontos de tomada avariados e insuficientes para o ambiente.	Acréscimo de pontos de tomadas, além da substituição do cabeamento e de tomadas antigas.
Cozinha	Iluminação deficitária e em lâmpadas tubulares fluorescentes e pontos de tomada avariados e insuficientes para o ambiente.	Substituição da iluminação atual por lâmpadas LED e acréscimo de TUE e TUG, além da substituição do cabeamento e de tomadas antigas.
Salas de Aula	Iluminação deficitária e em lâmpadas tubulares fluorescentes e pontos de tomada avariados e insuficientes para o ambiente.	Substituição da iluminação atual por lâmpadas LED e acréscimo de TUE e TUG para instalação dos aparelhos de ar-condicionado, além da substituição do cabeamento e de tomadas antigas.
Secretaria	Iluminação deficitária e em lâmpadas tubulares fluorescentes e pontos insuficientes de TUGs e TUE inadequado para Ar-Condicionado.	Substituição da iluminação atual por lâmpadas LED. Acréscimo de pontos de tomadas, além da substituição do cabeamento e de tomadas antigas.
Refeitório	Iluminação deficitária e em lâmpadas tubulares fluorescentes e pontos insuficientes de TUGs e TUE inadequado para Ar-Condicionado e bebedouros.	Substituição da iluminação atual por lâmpadas LED. Acréscimo de pontos de tomadas, além da substituição do cabeamento e de tomadas antigas.

Fonte: Autores (2024).

A Figura 3 apresenta as condições iniciais do projeto de revitalização para posterior comparação com o estado consecutivo às implementações propostas, como o antigo quadro de distribuição mostrando poucas divisões por ambientes da instituição, o que dificulta um isolamento adequado e manutenção elétrica quando necessária (Figura 3a). Adcionalmente, medidor de consumo de energia elétrica mostra cabos já oxidados, o que pode indicar processo de corrosão e assim sujeito a curto-circuito (Figura 3b). Outro elemento antigo danificado, foi a caixa de passagem apresentando cabos oxidados e emendas na fiação com isolamento inadequado à Norma NBR5410 (Figura 3c).

Além disso, é possível verificar que o antigo sistema de iluminação com fiação exposta (Figura 3d), ainda, verifica-se que as tomadas instaladas com a utilização de canaletas e cabos fora do especificado a norma NBR 5410 (Figura 3e).

Figura 3: a) antigo quadro de distribuição; b) antigo medidor com cabos oxidados; c) antiga caixa de passagem com cabos oxidados; d) antigo sistema de iluminação; e) cabos fora do especificado a norma NBR 5410.



Fonte: Autores (2024).

3.3. PLANEJAMENTO DO PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DO CENTRO EDUCACIONAL

Posteriormente às implementações realizadas seguindo a proposta no projeto de revitalização da instituição, seguindo de acordo com a norma NBR 5410 para padronização das instalações e todos os ambientes da instituição.

A Figura 4 apresenta as condições posteriores à implementação do projeto de revitalização já contemplando as padronizações segundo a norma NBR5410, atualmente, a caixa de passagem demonstrando a instalação e fechamento do sistema de aterramento, haja vista que o estado anterior à revitalização não tinha estrutura de (Figura 4a e 4b).

Ainda, com as mudanças o quadro de distribuição 1 central, que contempla a maioria dos ambientes da instituição, juntamente com circuito de proteção (Figura 4c e 4d). Com isso, quadro de distribuição 2, instalado a fim de não sobrecarregar o quadro de distribuição 1, contemplando os ambientes o quadro de distribuição 1 não abrangeu, juntamente com circuito de proteção (Figura 4e e 4f).

Figura 4: a) e b) caixa de passagem demostrando o fechamento do sistema de aterramento.; c) e d) novo quadro de distribuição 01; e) e f) novo quadro de distribuição 2.

Fonte: Autores (2023)

A Figura 5 também apresenta as condições posteriores à implementação do projeto de revitalização já contemplando as padronizações segundo a norma NBR5410 nos demais ambientes da instituição, como, o disjuntor caixa moldada de 125A atual possui essa amperagem devido à ausência de aterramento na escola (Figura 5a). Com isso, a construção do sistema de aterramento (modelo gaiola de Faraday) ocorreu em razão da necessidade de isolamento elétrico na estrutura de aterramento (Figura 5b). Ainda, o sistema modificado de iluminação utiliza lâmpadas LED, conforme a Norma NBR5410 (Figura 5c), além disso, o sistema modificado conta sistema de tomadas embutidas na parede, conforme a Norma NBR5410 (Figura 5d).

Figura 5: a) disjuntor caixa moldada de 125A devido à ausência de aterramento na escola e b) construção do sistema de aterramento, modelo gaiola de Faraday; c) novo sistema de iluminação d) tomadas no padrão Norma 5410.

Fonte: Autores (2024)

A norma NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece diretrizes e critérios técnicos para a execução de instalações elétricas de baixa tensão, definidas como aquelas que operam com tensão nominal de até 1000 V em corrente alternada com frequência inferior a 400 Hz, ou até 1500 V em corrente contínua. Seu principal objetivo é garantir a segurança das pessoas e o funcionamento adequado das instalações, por meio da aplicação de medidas técnicas que reduzam os riscos elétricos.

Essa norma visa assegurar a qualidade e a conformidade das instalações elétricas, sendo especialmente relevante em ambientes com grande circulação de pessoas, como instituições de ensino. A ocorrência de acidentes em instalações mal dimensionadas ou executadas, frequentemente envolvendo usuários sem conhecimento técnico, justifica a adoção rigorosa dos parâmetros estabelecidos pela norma.

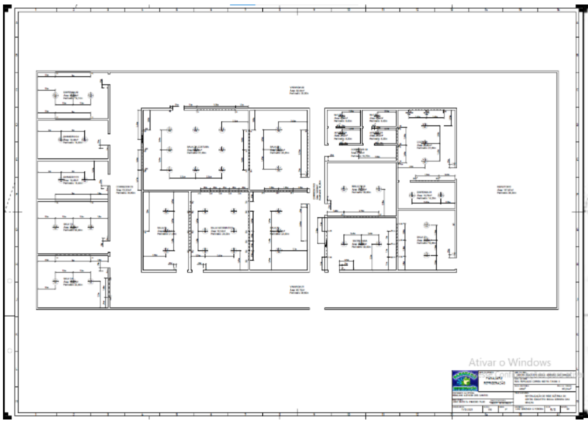
De acordo com a NBR 5410, a seleção e a instalação dos componentes devem considerar não apenas as medidas de proteção necessárias, mas também as condições externas previsíveis, tais como temperatura, altitude, presença de umidade, corpos estranhos, choques mecânicos, vibração, proliferação de fungos e interferências eletromagnéticas. A norma também define critérios específicos para os pontos de utilização da energia elétrica, como Iluminação, Tomadas de Uso Geral (TUG) e Tomadas de Uso Específico (TUE), detalhando as exigências relacionadas à instalação, proteção dos circuitos, seccionamento e fornecimento de energia.

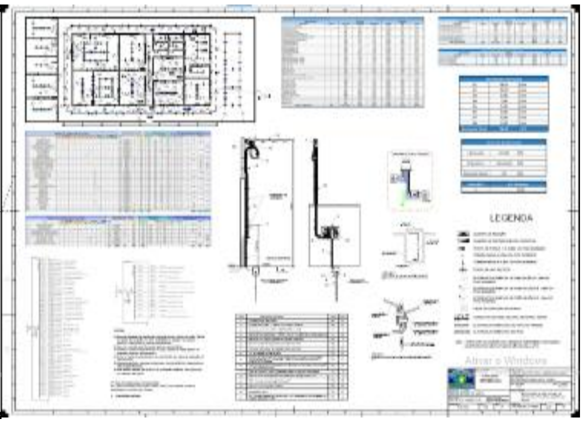
Com o objetivo de identificar as necessidades de adequação, substituição de componentes e eventuais falhas existentes no sistema elétrico da instituição, foram realizadas visitas técnicas às dependências da escola. Essas visitas envolveram o registro de não conformidades e pontos com potencial de melhoria, considerando a futura utilização dos espaços e a segurança dos usuários. Durante as inspeções, houve o acompanhamento de uma responsável designada pela gestão da escola, que forneceu informações relevantes sobre as alterações ocorridas nos ambientes ao longo do tempo.

Com base nas informações coletadas, foi desenvolvido um projeto de reforma elétrica, orientado por critérios de custo-benefício e priorizando a segurança dos usuários, em especial das crianças, que possuem pouco ou nenhum conhecimento sobre os riscos relacionados à eletricidade. Para a elaboração do projeto, utilizou-se o software AutoCAD, o qual possibilitou a representação técnica dos elementos da instalação, especificando os equipamentos e materiais a serem empregados na execução da revitalização.

A Figura 6 mostra a elaboração do projeto com a utilização do AutoCAD, para a criação da Planta Baixa foi demonstrando a distribuição dos circuitos elétricos pelos ambientes da instituição (Figura 6a). A nova proposta contempla as mudanças derivadas dos problemas identificados nas análises anteriores. O Projeto Completo, onde é mostrado desde a rede de entrada e distribuição de cargas pelas 3 linhas de fase pelos ambientes da instituição, desenvolvido no AutoCAD (Figura 6b).

Figura 6: a) Planta Baixa do projeto com o auxílio do software AutoCAD e b) Projeto completo com o auxílio do software AutoCAD;





Fonte: Autores (2024)

A Figura 7 apresenta a Tabela de Carga dividida pelos Quadro de Distribuição 1 (QDLF-01-2023) e Quadro de Distribuição 2 (QDLF-02-2023), subdivididos em circuitos de iluminação, Tomada de Uso Específico (TUE) e Tomada de Uso Geral, Cargas Instaladas (Monofásico, Bifásico e Trifásico):

Figura 7: Tabela de Carga do Quadro de Distribuição 1 (QDLF-01-2023) e Quadro de Distribuição 2 (QDLF-02-2023).

TABELA DE CARGA QDLF-01 2023

Nº	Circuito	Ilum.(W) 60	80	100	110	120	140	160	236	260	TUG (W) 100	600	1200	TUE (W) 1100	1400	12830
1	ILUM.SALA 01-INFORM	1	5		2	1										
2	ILUM.SALA 03 E 05						2	4								
3	ILUM.SECRET-SALA 07				4	2										
4	ILUM.BIBLIOTECA-DISPENSA-01		2			1	2									
5	ILUM.CORR-02-ACE-01 E 02-W.C 01 E 02			5												
6	ILUM.COZINHA E CORREDOR 01		1	2		1	2									
7	ILUM.REFEITORIO-A									5						
8	ILUM.REFEITORIO-B									5						
9	ILUM.VARANDA-01								5							
10	ILUM.VARANDA-02								5							
11	ILUM.AREA EXTERNA			5												
12	Ar condicionado 01- Sala-01-TUE														1	
13	Ar condicionado 02- Sala de Informatica-TUE														1	
14	Ar condicionado 03- sala -03-TUE														1	
15	Ar condicionado 04 - Sala 05-TUE														1	
16	Ar condicionado 07 - Secretaria-TUE														1	
17	Ar condicionado 08 - Sala 07-TUE														1	
18	Ar condicionado 09 - Biblioteca-TUE														1	
19	Sala-01-TUG										6					
20	Sala de Informatica - A-TUG										12					
21	Sala de Informatica - B-TUG										12					
22	Sala de Informatica - C-TUG										12					
23	Sala -03-TUG										8					
24	Sala -05-TUG										8					
25	Secretaria-TUG										19					
26	Sala -07-TUG										9					
27	Biblioteca e Dispensa 01-TUG										16					
28	Corredor 02 - Acesso 1e2- WC 1 e 2-TUG										2	2				
29	Cozinha-A-TUG										1	3				
30	Cozinha-B-TUG										1	3				
31	Cozinha-C-TUE													1		
32	Cozinha-D-TUE														1	
33	Corredor-01-TUG										7					
34	Refeitorio-TUG												1			
35	Refeitorio-TUE Bebedouro													1		
36	Varanda-01-TUG										8					
37	Varanda-02-TUG										8					
38	QDC- 02 Trifásico 220															1
39	Reserva-01											1				
40	Reserva-02											1				
41	Reserva-03											1				

Carga Instalada (KW): 56,43 KW; Carga Instalada (KVA): 63,62 Kva; Tensão (V): 220 V; I Demanda (A): 111,60 A; Alimentador: (3#50+N25+T25) - HEPR 0,6 /1kV; Demanda Total (Kva): 42,48 KVA

Nº	Tensão (V)	Circuito	Fases	P (W)	S (VA)	FP	Distância L(m)	Ib (A)	Cabo (mm²)	Disjuntor (A)	BCD	FASES R	S	T
1	127	Monofásico	R	800	842	0,95	24	6,63	1,5	10	C	842		
2	127	Monofásico	S	920	968	0,95	10,34	7,63	2,5	10	C		968	
3	127	Monofásico	R	680	716	0,95	4	5,64	1,5	10	C	716		
4	127	Monofásico	T	560	589	0,95	10	4,64	1,5	10	C			589
5	127	Monofásico	T	500	526	0,95	10	4,14	1,5	10	C			526
6	127	Monofásico	R	680	716	0,95	10	5,64	1,5	10	C	716		
7	127	Monofásico	S	1250	1316	0,95	20,25	10,36	2,5	16	C		1316	
8	127	Monofásico	T	1250	1316	0,95	20,25	10,36	2,5	16	C			1316
9	127	Monofásico	R	1180	1242	0,95	10	9,78	2,5	10	C	1242		
10	127	Monofásico	S	1180	1242	0,95	10	9,78	1,5	10	C		1242	
11	127	Monofásico	T	500	526	0,95	10	4,14	1,5	10	C			526
12	220	Bifásico	RS	1400	1750	0,80	10	7,95	4,0	20	C	875	875	
13	220	Bifásico	RS	1400	1750	0,80	6	7,95	4,0	20	C	875	875	
14	220	Bifásico	ST	1400	1750	0,80	10	7,95	4,0	20	C		875	875
15	220	Bifásico	ST	1400	1750	0,80	10	7,95	4,0	20	C		875	875
16	220	Bifásico	ST	1400	1750	0,80	20	7,95	4,0	20	C		875	875
17	220	Bifásico	ST	1400	1750	0,80	30	7,95	4,0	20	C		875	875
18	220	Bifásico	ST	1400	1750	0,80	35	7,95	4,0	20	C		875	875
19	127	Monofásico	R	600	750	0,80	15,54	5,91	2,5	10	C	750		
20	127	Monofásico	S	1200	1500	0,80	12,01	11,81	4,0	20	C		1500	
21	127	Monofásico	T	1200	1500	0,80	20	11,81	4,0	20	C			1500
22	127	Monofásico	R	1200	1500	0,80	20	11,81	4,0	20	C	1500		
23	127	Monofásico	S	800	1000	0,80	7,67	7,87	2,5	10	C		1000	
24	127	Monofásico	T	800	1000	0,80	11,5	7,87	2,5	10	C			1000
25	127	Monofásico	R	1900	2375	0,80	20	18,70	4,0	20	C	2375		
26	127	Monofásico	S	900	1125	0,80	20	8,86	2,5	10	C		1125	
27	127	Monofásico	T	1600	2000	0,80	8,87	15,75	4,0	20	C			2000
28	127	Monofásico	R	1400	1750	0,80	14,59	13,78	2,5	16	C	1750		
29	127	Monofásico	S	1900	2000	0,95	16,30	15,75	4,0	20	C		2000	
30	127	Monofásico	T	1900	2000	0,95	16,30	15,75	4,0	20	C			2000
31	127	Monofásico	R	1100	1158	0,95	16,30	9,12	4,0	20	C	1158		
32	127	Monofásico	S	1400	1474	0,95	16,30	11,60	4,0	20	C		1474	
33	127	Monofásico	T	700	737	0,95	16,30	5,80	2,5	10	C			737
34	127	Monofásico	R	1200	1263	0,95	23,68	9,95	2,5	16	C	1263		
35	127	Monofásico	S	1100	1158	0,95	23,68	9,12	2,5	16	C		1158	
36	127	Monofásico	T	800	842	0,95	19,53	6,63	2,5	10	C			842
37	127	Monofásico	R	800	842	0,95	23,65	6,63	2,5	10	C	842		
38	220	Trifásico	RST	12830	13505	0,95	20	61,39	16,0	63	C	4501	4501	4501
39	127	Monofásico	R	600	632	0,95	20	4,97	2,5	10	C	632		
40	127	Monofásico	R	600	632	0,95	20	4,97	2,5	10	C	632		
41	127	Monofásico	T	600	632	0,95	20	4,97	2,5	10	C			632
	220	Trifásico	RST	56430	63624							20669,11	22408,00	20644,00

TABELA DE CARGA QDLF-02 2023

Carga Instalada (KW): 12,83 KW; Carga Instalada (KVA): 14,82 Kva; Tensão (V): 220 V; I Demanda (A):; Alimentador: (3#16+N16+T16) - HEPR 0,6 /1kV; Demanda Total (Kva):

Nº	Circuito	Ilum.(W) 80	100	110	120	140	250	TUG (W) 100	600	1200	TUE (W) 1400	Tensão (V)	Circuito	Fases	P (W)	S (VA)	FP	Distância L(m)	Ib (A)	Cabo (mm²)	Disjuntor (A)	BCD	FASES R	S	T
1	ILUM.SALA DE COSTURA	1	8									127	Monofásico	R	880	926	0,95	7,19	7,29	1,5	10	C	926		
2	ILUM.CORREDOR-03						3					127	Monofásico	S	750	789	0,95	10,94	6,22	1,5	10	C		789	
3	ILUM.SALA-14 E 15				2	4						127	Monofásico	R	800	842	0,95	14,03	6,63	1,5	10	C	842		
4	ILUM.DISPENSA-02 BANHEIRO 03 E 04			2	1	4						127	Monofásico	R	900	947	0,95	8,21	7,46	1,5	10	C	947		
5	Ar condicionado 05 - Sala de Costura-TUE										1	220	Bifasico	RS	1400	1750	0,80	7,48	7,95	4,0	20	C	875	875	
6	Ar condicionado 06 - Sala de Costura-TUE										1	220	Bifasico	ST	1400	1750	0,80	3,34	7,95	4,0	20	C		875	875
7	Sala de Costura - A-TUG								3			220	Bifasico	RT	1800	2250	0,80	20	10,23	4,0	20	C		1125	1125
8	Sala de Costura - B-TUG							10				127	Monofásico	S	1000	1250	0,80	10	9,84	4,0	20	C			1250
9	Sala de Costura - C-TUG							11				127	Monofásico	T	1100	1375	0,80	10	10,83	4,0	20	C			1375
10	Corredor-03-Sala 14 e 15-TUG									1		127	Monofásico	R	1200	1263	0,95	12,15	9,95	2,5	16	C	1263		
11	Dispensa-02 Banheiro 03 e 04-TUG							4	2			127	Monofásico	S	1600	1684	0,95	9,29	13,26	4,0	20	C		1684	
												220	Trifasico	RST	12830	14828							4853	5348	4625

Fonte: Autores (2023)

Baseado no nas bem feitorias sugeridas, a Tabela 2 mostra em descrição e quantidades os itens utilizados no projeto de revitalização em sua totalidade, apontando

até mesmo a necessidade de serviços de construção civil, ressaltando dessa forma o estado de fragilidade da estrutura da Escola Pública Municipal "Centro Educacional Nossa Senhora das Graças – CENSG"

Tabela 2: Materiais utilizados projeto de revitalização da instituição

ITEM	QTD	Unidade	DESCRIÇÃO
1	148	un	Caixa de luz retangular 4X2
2	87	un	Caixa de Embutir Octogonal 4x4
3	126	un	Tomadas UG de 10ª
4	15	un	Tomadas UE de 20ª
5	26	un	Interruptores
6	87	un	Plafon Porcelana E-27 100w
7	41	un	Lâmpadas de led 20w
8	46	un	Lâmpadas de led 50w
9	700	m	Cabo Flexível 750v 1,5mm² cobre
10	1900	m	Cabo Flexível 750v 2,5mm² cobre
11	1500	m	Cabo Flexível 750v 4,0mm² cobre
12	120	m	Cabo Flexível 750v 16mm² cobre
13	242	m	Cabo Flexível 750v 50mm² cobre
14	100	m	Cabo nú 50mm² cobre
15	17	un	Terminal Aperto Pressão Para Cabos 50mm²
16	5	un	Grampo terra simples 10-50mm² 5/8" TH58
17	1	un	Haste de Aterramento 5/8 X 2,40m
18	2	un	Disjuntor Cx Moldada 125A Tripolar 5DMA1-125
19	23	un	Disjuntor DIN Monopolar 10A (C)
20	6	un	Disjuntor DIN Monopolar 16A (C)

Tabela 2: Materiais utilizados projeto de revitalização da instituição (continuação)

ITEM	QTD	Unidade	DESCRIÇÃO
21	12	un	Disjuntor DIN Monopolar 20A (C)
22	10	un	Disjuntor DIN Bipolar 20A (C)
23	2	un	Disjuntor DIN Tripolar 63A (C)
24	8	un	Clamper Front 20kA - 275V-DPS
25	1	un	Caixa Medidor De Energia Trifásico-125ª
26	850	m	Eletroduto Corrugado Flexível Laranja 20mm
27	50	m	Eletroduto Corrugado Flexível 25mm
28	100	m	Eletroduto Corrugado Flexível 32mm
29	20	un	Eletroduto Rígido 3m PVC 2"
30	10	un	Curva Eletroduto 90° PVC 2"
31	20	un	Luva de Emenda Roscado PVC 2"
32	20	un	Bucha de Alumínio 2"
33	20	un	Arruela para eletroduto de 2"
34	1	un	Quadro Distribuição Embutir Com Kit Trifásico 60c 125ª
35	1	un	Quadro Distr.24 disjuntores + barramento din embutir
36	2	un	Barramento Bifásico 80a 220/440v 12 Polos
37	20	un	Cimento
38	200	un	Tijolo
39	2	m³	Areia
40	1	un	Coluna
41	1	m³	Seixo
42	100	un	Terminal pré isolado TUBO 1.5 mm PRETO
43	100	un	Terminal pré isolado TUBO 2.5 mm AZUL
44	100	un	Terminal pré isolado TUBO 4,0 mm CINZA
45	100	un	Terminal pré isolado TUBO 16 mm AZUL

Fonte: Autores (2024)

Foram incluídos diversos novos pontos de carga, conforme indicado na Tabela 1. Também foram realizados ajustes nas potências de pontos já existentes, tornando necessário o cálculo atualizado das potências locais, com o objetivo de organizar de forma eficiente a distribuição dos circuitos elétricos. Com base nas modificações propostas, as caixas de passagem foram alocadas conforme a função de cada ambiente, e a disposição das luminárias foi definida diretamente na planta baixa do projeto.

Todas as lâmpadas da instituição foram substituídas por modelos LED, visando maior eficiência energética, durabilidade e redução de consumo, atendendo às necessidades previamente diagnosticadas. Em relação às tomadas de uso específico (TUE), foram incorporados novos pontos destinados à instalação de aparelhos condicionadores de ar, cujas potências foram estimadas com base em modelos padrão, assegurando, assim, circuitos individuais para cada equipamento. No caso das tomadas de uso geral (TUG), a quantidade foi determinada conforme os critérios estabelecidos pela NBR 5410, sendo ajustada de acordo com as necessidades específicas de cada ambiente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo analisou as condições das instalações elétricas da Escola Pública Municipal “Centro Educacional Nossa Senhora das Graças – CENSG”, com o objetivo de elaborar um projeto de revitalização. A análise revelou a necessidade de reforma das instalações devido ao não cumprimento das exigências estabelecidas pela norma NBR 5410, o que gerava potenciais riscos, especialmente considerando tratar-se de um ambiente educacional frequentado por crianças.

Na etapa inicial, reconheceu-se a importância de desenvolver um projeto que contemplasse as reais necessidades dos usuários, garantindo segurança, funcionalidade e adequação normativa. Assim, foi proposto um projeto de modernização elétrica da escola, respeitando as normas técnicas vigentes e considerando as condições estruturais locais.

Este estudo concentrou-se especificamente nas intervenções voltadas às instalações elétricas. No entanto, observou-se também a necessidade de melhorias na parte estrutural e civil do edifício, especialmente relacionadas a infiltrações que comprometem a integridade da construção. Diante disso, são recomendadas ações complementares, como:

- Realização de análise tarifária para otimização do consumo e demanda elétrica da escola, com foco em maior eficiência econômica;
- Implantação de geração distribuída, por meio da instalação de sistema de energia solar fotovoltaica, visando a autossuficiência energética.

Dessa forma, evidencia-se que cada projeto apresenta características únicas e pode ser conduzido por diferentes profissionais com abordagens diversas, alcançando, no entanto, objetivos semelhantes. O projeto aqui apresentado visou atender à demanda energética da escola de forma segura, eficiente e normatizada, sendo os resultados expostos neste estudo de caso.

REFERÊNCIAS

[1] ABRACOPEL. **Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica – ano base 2022**. 2023. Disponível em: https://abracopel.org/wp-content/uploads/2021/04/Anuario-Abracopel-2023_vs.-final.pdf. Acesso em 22 de maio de 2024.

[2] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (**NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

[3] CARVALHO, R. J. **Instalações Elétricas e o Projeto de Arquitetura**. 8. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

[4] CBPMESP – Corpo de Bombeiros e Polícia Militar do Estado de São Paulo. **Manual de inspeção visual conforme a IT-41 do CBPMESP**. Disponível em: https://abcobre.org.br/wp-content/uploads/2021/08/ie09-manual-de-inspecao-visual-it41.pdf. Acesso em 10 de dezembro de 2024.

[5] CRUZ, E. C. A.; ANICETO, L. A. **Instalações Elétricas: Fundamentos, Prática e Projetos em Instalações Residenciais e Comerciais**. 2ª. ed. São Paulo: Érica Ltda., 2014.

[6] DE SOUZA E ET AL. **ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ACIDENTES DE ORIGEM ELÉTRICA 2023 – Ano base 2022.** Salto-SP: Abracopel, 2023. DOI: 10.29327/5194308

[7] LIMA, F. D. L. **Projetos de instalações elétricas prediais.** 12. ed. São Paulo: Érica, 2011

[8] NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão. **Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 2004**;

Capítulo 17

Gerenciamento de resíduos na construção civil: estudo de caso em uma obra residencial em Parintins/AM

Nayara Natividade da Silva
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: Em uma construção de obra, se há um planejamento, ou seja, uma área da construção civil que ganha uma grande importância na época do século XXI, que devido às mudanças nos cenários econômicos, globalização, o aumento da tecnologia, da competitividade, gerou uma necessidade das empresas que trabalham no ramo de construção civil se tornarem indústrias. Com o vasto crescimento das áreas urbanas houve também o aumento da geração de resíduos, dentre os quais, destacam-se, os resíduos resultantes das atividades de construção civil, que representam cerca de 50% a 70% dos resíduos gerados nos centros urbanos. Com os resultados necessários, podemos constatar que uma grande parte de empresas que trabalham no ramo de construção civil desconhecem a Resolução CONAMA n° 307/02 que se estabelece diretrizes para a gestão dos resíduos de construção civil, quanto a não geração e redução dos resíduos, gerando grandes quantidades, sendo a maior geração a dos resíduos classe A e os de menor geração os resíduos classe D com respectivamente 77% e 3% de empresa "A" e 67% e 3% de empresa "B", e que praticamente todo o material analisado possui potencial para reciclagem e reutilização. Neste presente trabalho iremos apresentar sobre o gerenciamento de resíduos, do que se trata, a sua importância e como fazê-lo. Falaremos um pouco sobre a Resolução CONAMA e também em forma de estudo de caso a nossa obra residencial em Parintins, a ilha da magia. Mais conhecida pelos seus eventos folclóricos e festas de boi-bumbá, a cidade conta com um público alegre, e muitas casas e empreendimentos, uma delas, a nossa obra.

Palavras-chave: Resolução CONAMA; Resíduos da Produção; Reciclagem.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil está diretamente relacionada ao atendimento das necessidades básicas do ser humano e da sociedade, contribuindo de forma significativa para o progresso econômico do país. Isso ocorre por meio da geração de empregos, da movimentação de recursos financeiros, da utilização de matérias-primas e de equipamentos. Em contrapartida, esse setor também é responsável por considerável passivo ambiental, especialmente pela geração de resíduos sólidos (LEITE et al., 2018).

Com o passar dos anos, a construção civil consolidou-se como um dos setores mais relevantes para o desenvolvimento social e econômico do Brasil. Devido à sua elevada capacidade de absorção de mão de obra e aos vultosos investimentos que atrai, tornou-se um dos pilares de crescimento dos países em desenvolvimento. Proporcional ao seu desempenho no Produto Interno Bruto (PIB) — que registrou crescimento de 6,9% em 2022 (SINDUSCON, 2023) — está o volume expressivo de resíduos contaminantes gerados, reflexo da carência na adoção de práticas sustentáveis por parte do setor.

Segundo dados da ABRECON (2022), o Brasil gera, anualmente, cerca de 84 milhões de metros cúbicos de resíduos provenientes da construção civil e demolições. Esses Resíduos da Construção Civil (RCC) decorrem, em grande parte, de perdas nos canteiros de obras, causadas por desperdícios na execução dos serviços, além de avarias no transporte, no recebimento e no armazenamento dos materiais.

Para evitar perdas, desperdícios e a gestão inadequada dos resíduos, torna-se fundamental implementar um sistema eficiente de gerenciamento de resíduos da construção civil. Esse processo envolve a administração dos recursos disponíveis de forma a minimizar — e, sempre que possível, eliminar — a geração de resíduos. Além disso, busca-se dar uma destinação correta àqueles resíduos que não puderam ser reaproveitados, assegurando o menor impacto possível ao meio ambiente.

A construção civil é uma das maiores geradoras de resíduos sólidos, e sua gestão adequada é essencial para mitigar os impactos ambientais e garantir a sustentabilidade do setor. Nesse contexto, a educação ambiental desempenha um papel fundamental, pois promove a adoção de práticas sustentáveis entre os trabalhadores, sensibilizando-os quanto à importância da gestão correta dos resíduos. Isso contribui para mudanças de comportamento, maior participação nos processos de gerenciamento e redução de custos, otimizando os resultados do plano de gerenciamento (JACINTO e CARVALHO, 2022).

Os principais impactos ambientais e sanitários relacionados aos RCC decorrem da sua disposição inadequada, que pode comprometer o tráfego urbano, a eficiência da drenagem e até favorecer a proliferação de vetores patogênicos (VERTOWN, 2020). A deposição irregular desses resíduos constitui um problema coletivo que afeta toda a sociedade, exigindo soluções efetivas e coordenadas. Assim como em outros centros urbanos, o município de Parintins – AM também enfrenta desafios significativos relacionados ao descarte irregular de entulhos (PMCG, 2019).

Diante desse cenário, este artigo tem como foco o tema “O Gerenciamento Correto de Resíduos na Construção Civil”, tendo como principal referência a Resolução CONAMA nº 307/2002. Essa norma estabelece diretrizes para que as empresas desenvolvam e apliquem planos de gerenciamento de resíduos, com o objetivo de garantir a destinação adequada e evitar impactos ambientais negativos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Inspirado por essa regulamentação, decidi trazer para meu Trabalho de Conclusão de Curso um estudo baseado em uma experiência prática: a análise de uma obra residencial em Parintins – AM. Acompanhei o desenvolvimento da construção desde sua fase inicial, após a demolição da antiga edificação, momento em que foi necessário remover os resíduos para viabilizar a nova obra.

Seguindo as diretrizes do PGRCC, optamos por realizar o descarte desses materiais de forma ambientalmente responsável, buscando reaproveitar sempre que possível e garantindo que o descarte dos demais resíduos fosse seguro e adequado.

Nos próximos tópicos, apresentarei meu estudo de caso na obra residencial em Parintins – AM, abordando os objetivos e a metodologia utilizada, além de incluir registros fotográficos dos resíduos, referências de autores que fundamentam minhas análises, gráficos sobre a classificação do RCC e informações sobre o que pode ser demolido ou reutilizado.

2.1. MONITORAMENTO DA IMPLANTAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com a Norma Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 10004 (2004) os resíduos sólidos da construção civil são, em geral, ambientalmente classificados como inertes (Classe IIB), não apresentando constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões da água potável. Porém, existem algumas exceções, como os resíduos de classes “C” e “D” especificados pela resolução nº307 de 2002 do CONAMA, que podem apresentar níveis de contaminantes que se enquadrem como não inertes, como seria o caso do gesso classificado como (Classe IIA), além dos resíduos de tintas, amianto, solventes e óleos que são considerados como perigosos (Classe I).

Segundo Santos (2015), para a implantação do PGRCC é necessário estabelecer os princípios de reduzir, reutilizar e reciclar como prioridades constantes no canteiro de obras. Para a adequada aplicação desses princípios, faz-se necessário a realização de treinamentos direcionados aos envolvidos.

No monitoramento da obra residencial em Parintins – AM, tivemos que qualificar os resíduos entre classes, como: Classe A – Resíduos Reutilizáveis ou Recicláveis, Classe B – Resíduos Recicláveis com outras destinações, Classe C – Resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidos, Classe D – Resíduos Perigosos. Assim fazer o descarte correto sem prejudicar o meio ambiente.

2.2. ANÁLISE E DOCUMENTAR AS DIFICULDADES ENCONTRADAS DURANTE A IMPLANTAÇÃO

No processo de fazer a classificação dos resíduos, houve alguns contratempos, como devido a enorme quantidade produzida e a questão relativa à composição dos materiais. Por serem muitos resíduos, leva-se um bom tempo para contar todos e fazer um balanceamento geral do mesmo.

2.3. SUGESTÕES DE ADEQUAÇÕES PARA OS PROBLEMAS ENCONTRADOS NESSE PROCESSO

Como a caracterização de resíduos tem papel importante nessa etapa ao determinar os principais aspectos físico-químicos, biológicos, qualitativos e/ou quantitativos do resíduo gerado, pois estes aspectos analíticos auxiliam na classificação do resíduo para a escolha da melhor destinação.

Optamos por fazer uma tabela, que tinha as seguintes especificações de acordo com NBR 10004/04: descrição da origem do resíduo; seu estado físico; aspecto geral; cor; odor; grau de heterogeneidade; denominação do resíduo; processo de origem; atividade industrial; constituinte principal; destinação final (aterro para resíduo perigoso ou não perigoso, tipo de tratamento, etc.).

2.4. COMPARAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS EM RELAÇÃO ÀS AÇÕES REALIZADAS E À EFICIÊNCIA DO PLANO DE AÇÃO.

Com base na Resolução de CONAMA, a NBR e o PGRCC tivemos um plano de ação excelente. Conseguimos formular a tabela e fazer a adequação de cada resíduo para que se seguisse sem resquícios de problematizar o meio ambiente.

A obra é de pequeno porte, residencial, no bairro João Novo, na cidade de Parintins, com duração de 6 meses. O Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGR) é um documento fundamental que orienta todas as ações de gestão de resíduos na obra. Analisando a efetividade das medidas previstas no PGR e se elas estão sendo devidamente implementadas. Formulários de coleta de dados, com indicadores para caracterização dos resíduos gerados, modo de acondicionamento, procedimentos de armazenamento, coleta e destinação final dos resíduos, coleta e destinação final dos resíduos são alguns indicadores que podem ser incluídos nos formulários para coleta de dados. Seguindo as diretrizes do Plano de Gerenciamento de Resíduos adotado pela obra, servem como base para a avaliação da efetividade da gestão de resíduos na construção civil.

Métodos de identificação dos pontos de geração de resíduos na obra e avaliação do PGR, adotando coleta e registro de amostras de resíduos encontrados nos diferentes locais da obra, utilizando formulários de coleta de dados, a caracterização e classificação dos resíduos gerados, baseada nas diretrizes da Resolução CONAMA 307/2002.

Avaliação da eficácia da gestão de resíduos adotada na obra, incluindo o cumprimento do PGR, a adequação da segregação e armazenamento dos resíduos e a destinação final adotada, a identificação das possíveis oportunidades de melhoria na gestão de resíduos, como formas de reduzir a geração de resíduos, reutilização ou reciclagem de materiais, e adoção de novas tecnologias e processos mais sustentáveis.

3. RESULTADOS

Este estudo de caso sobre resíduos sólidos na construção civil foi desenvolvido com base em visitas técnicas à obra, nas quais foram realizados registros fotográficos de todas as etapas do processo construtivo. Além disso, foram analisados relatórios e planilhas referentes aos serviços executados, disponibilizados pelos engenheiros responsáveis. A análise dos dados coletados foi embasada em publicações técnico-científicas da área.

Os dados utilizados correspondem ao período de junho de 2020 a janeiro de 2023, totalizando 31 meses de obra. Esse intervalo permite uma avaliação consistente do desempenho da gestão de resíduos em uma construção residencial, possibilitando a identificação de oportunidades de melhoria, bem como o registro e disseminação de boas práticas. Tais informações contribuem significativamente para o aprimoramento contínuo da sustentabilidade no setor da construção civil, com foco na redução dos impactos ambientais e sociais associados às atividades do setor.

Figura 1: a) Resíduos da Obra; b) Resíduos da Obra.

(a) (b)

Fonte: Autores (2024).

3.1. COMPARAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS EM RELAÇÃO ÀS AÇÕES REALIZADAS E À EFICIÊNCIA DO PLANO DE AÇÃO.

Para a análise comparativa da gestão de resíduos sólidos na obra em questão, foi elaborada uma tabela com os seguintes parâmetros: descrição da origem dos resíduos, estado físico, aspecto geral, cor, odor, grau de heterogeneidade, denominação do resíduo, processo de origem, atividade geradora, constituinte principal e destinação final (aterro para resíduos perigosos ou não perigosos, tipo de tratamento, entre outros). Com base nessas informações, foi realizada a separação e a destinação adequada dos resíduos, processo que demandou entre três e cinco dias de trabalho.

A elaboração do plano de ação teve como referência a Resolução CONAMA nº 307/2002, a NBR 10004/2004 e as diretrizes do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). A partir desses documentos, foi possível formular um plano eficaz, assegurando que os resíduos fossem gerenciados de maneira ambientalmente correta, sem causar impactos negativos ao meio ambiente.

\Com o objetivo de melhorar a eficiência na disposição final dos resíduos, a Resolução CONAMA nº 307/2002 estabelece a classificação dos resíduos da construção civil em quatro categorias, conforme apresentado no Quadro 1. Essa padronização facilita o planejamento, a segregação, o reaproveitamento e o descarte dos resíduos, contribuindo para uma gestão mais eficiente e sustentável no setor da construção civil.

Quadro 1: Classificação dos RCC em quatro grupos em função de suas características físicas.

CLASSE	ORIGEM	TIPO DE RESÍDUO	DESTINAÇÃO
A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.	De pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de operações de terraplenagem. Da construção, demolição reformas e reparos de edificações (componentes cerâmicos, tijolos, blocos, telhas e placas de revestimento, concreto e argamassa.	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da Construção Civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
B	Resíduos recicláveis com outras destinações.	Plásticos, gesso, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros.	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
C	Resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas.	Não especificado pela resolução.	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
D	Resíduos perigosos oriundos de processo de construção.	Tintas, solventes, óleos, amianto.	Deverão ser armazenados, transportados e reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
	Aqueles contaminado, oriundos de demolições, reforma e reparo, enquadrados como classe NBR10004.	Clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.	

Fonte: Resolução CONAMA no307/2002; Resolução CONAMA no431/2011

Nesta etapa de Resultados e Discussões transformaremos em nosso desenvolvimento, abordando sobre o Gerenciamento de Resíduos, a Resolução da CONAMA n°307/2002, um pouco sobre a Cidade de Parintins (que é a nossa cidade abordada nesse estudo de caso) e por último a Remoção e Destinação dos Resíduos na Obra Residencial.

3.2. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na construção civil, verifica-se que este é um dos setores que mais impacta negativamente o meio ambiente, devido à intensa extração de recursos naturais e à expressiva geração de resíduos sólidos. Estima-se que aproximadamente 35% dos resíduos destinados a aterros sanitários no mundo sejam provenientes desse setor (SOLÍS-GUZMÁN, 2019). Na União Europeia, cuja produção anual global de resíduos de construção e demolição (RCD) é estimada em 870 milhões de toneladas, Portugal contribui com cerca de 1,5 milhão de toneladas (AGEPOR, 2019). No Brasil, a média anual de geração de RCD é de aproximadamente 84 milhões de metros cúbicos (CALDAS, 2003).

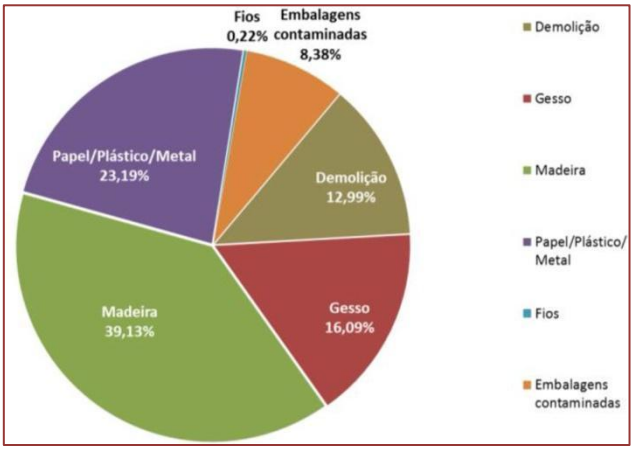
Os RCD apresentam uma ampla diversidade de materiais agregados, gerados por diferentes atividades como construções, reformas, ampliações e demolições (AMORIM, 2020). Embora compostos majoritariamente por materiais inertes e de baixo risco, esses

resíduos provocam impactos ambientais significativos devido ao grande volume gerado e à disposição inadequada em locais impróprios. Tal prática compromete a paisagem urbana, afeta a saúde pública e interfere em sistemas de saneamento básico, como abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem pluvial (AMORIM, 2020).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002, os resíduos da construção civil são aqueles originados de construções, reformas, reparos, demolições e movimentações de terra. Incluem-se entre esses resíduos: tijolos, concreto, blocos, solos, rochas, metais, tintas, resinas, colas, madeiras e derivados, argamassas, forros, gesso, telhas, vidros, pavimentos asfálticos, plásticos, tubulações e fiações elétricas, popularmente conhecidos como entulhos de obras.

Na sequência, será apresentado um gráfico que classifica os resíduos em grandes proporções, com base em seus respectivos volumes e características.

Gráfico 1: Classificação dos Resíduos



Fonte: Caetano et al., (2016).

Procurando diminuir a geração dos resíduos da construção civil, a Resolução CONAMA n° 307 de 2002, sugere que os geradores devem em primeiro lugar visar a não geração de RCD e, na ordem de prioridade, a redução, a reutilização, a reciclagem, o reuso, o repensar, o tratamento dos resíduos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Portanto, os resíduos da construção não deverão ser utilizados em áreas de vazadouros, em aterros de resíduos sólidos urbanos, corpos d'água, em encostas, em áreas protegidas por lei e em lotes vagos.

Conforme a Tabela 2, que se norteia-se a uma válida triagem que é feita para destinar esses resíduos conforme as suas classes.

Tabela 2: Destinação dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD)

CLASSES DE RCD	
CLASSE I – BAIXO RISCO	De acordo com a nova redação dada pela Resolução 448/12: Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe I de reservação de material para usos futuros.
CLASSE II – MÉDIO RISCO	Essa classe deverá ser reutilizada, reciclada ou encaminhada a áreas de armazenamentos temporários, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
CLASSE III – ALTO RISCO	Eles deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas especificas.
CLASSE IV – MÁXIMO RISCO	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas (Nova Redação dada pela Resolução 448/12).

Fonte: CONAMA (2002).

Na geração RCD, está associada a quatros fatores que fazem parte do dia a dia das obras: Falta de gerenciamento do RCD nos canteiros de obras; Mão de obra insuficiente com relação ao gerenciamento de resíduos; Desperdícios e perdas de materiais devido a projetos mal desenvolvidos.

Além desses tipos, tem um último que se trata de métodos ineficientes e consumo exagerado de recursos naturais devido ao sobredimensionamento dos serviços de construção (YUAN HP, 2011). Ainda, o autor mostra que os esforços crescentes de pesquisa vêm sendo dedicados a estratégias e medidas de Gerenciamento de RCD, que vão desde a redução de resíduos, reciclagem e tratamento até a eliminação final.

Planejando o menor impacto possível dos RCD no meio ambiente, deve ser seguido um princípio hierárquico, melhorando seu valor potencial conforme mostrado na Tabela 2.

3.3. RESOLUÇÃO N° 307/2002 CONAMA

Como visto no tópico anterior, a Resolução CONAMA 307/02 estabelece alguns procedimentos para gestão de resíduos da construção civil. A resolução prevê obrigações tanto para o gerador quanto para os municípios darem uma destinação ambientalmente correta desses resíduos. O maior desafio do setor de construção civil é a redução da geração de resíduos. A alternativa encontrada por muitos é o reaproveitamento desses resíduos como uma forte matéria-prima na construção.

Desde o surgimento da promulgação em 2010 da (PNRS) Política Nacional de Resíduos Sólidos, que se regulamenta o manejo ambientalmente correto dos resíduos e define metas de reutilização, redução e até mesmo de reaproveitamento, o setor de construção civil busca alternativas ambientalmente correta para a destinação desses resíduos gerados.

Através de alguns critérios e procedimentos estabelecidos pela resolução CONAMA 307 de 2002, que se refere à gestão dos resíduos da construção civil, o setor deverá criar ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais.

3.4. REMOÇÃO E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS DA OBRA RESIDENCIAL

O objeto de estudo deste artigo foi analisar um canteiro de uma obra residencial de pequeno porte, a fim de realizar um estudo de caso sobre os impactos causados pelos resíduos nele gerados. Além da aplicação de Educação Ambiental para os colaboradores através da prática de Diálogos Diários de Segurança (DDS). Foi apresentado aos colaboradores durante os DDS as classificações contidas na CONAMA nº 307, além de formas de redução e reúso de RCCs, enfatizando a responsabilidade de cada um na organização e limpeza do canteiro de obras. Na figura a, apresentei uma foto sobre os resíduos da obra (materiais) e na letra b, temos os resíduos sólidos.

Figura 2: a) Resíduos de Obra; b) Resíduos de Obra

(a) (b)

Fonte: Autores (2024).

A etapa de segregação dos resíduos dentro do canteiro de obras foi realizada pelos colaboradores de acordo com a resolução CONAMA 307/2002 adotando a classificação por classes (A, B, C ou D) e realizada pelo gerador e na origem, onde a segregação desses resíduos ocorre por andar, através do acúmulo em pilhas de resíduos em um local próximo de onde serão transportadas internamente até seu acondicionamento.

Normalmente a divisão ocorre no final do dia, ou no final de determinada tarefa, sendo realizada pelos profissionais já treinados.

De acordo com Nogueira et al. (2018) e Oliveira e Mendes (2008), a segregação dos resíduos permite diferenciar os materiais recicláveis dos não recicláveis e facilita o processo de reaproveitamento dos materiais. Os autores complementam afirmando que a segregação também pode ajudar a identificar materiais perigosos ou que requerem tratamento especial, garantindo que sejam manuseados e descartados de forma adequada e segura.

Em Oliveira e Mendes (2008), os autores ratificam ainda que a etapa de segregação reduz a quantidade de resíduos que precisa ser descartada em aterros sanitários, podendo reduzir custos com transporte e disposição final de resíduos, possibilitando a venda de materiais recicláveis separadamente.

Para mais, Silva et al. (2015) reforça a relevância da segregação diretamente na fonte de geração pois, além de facilitar as próximas etapas do gerenciamento, também

evita o risco de contaminação entre os resíduos e o próprio meio, eliminando o comprometimento de processos de reutilização.

3.5. CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA OBRA RESIDENCIAL

Não há como prever a quantificação de resíduos para cada etapa da construção da obra em questão, estima-se, portanto, que a geração de Resíduos de Construção Civil para este empreendimento seja em média inicial de 0,5 toneladas diárias, num total de 12 toneladas/mês podendo vir a variará conforme o avanço da obra.

Figura 3: a) Resíduos de Obra; b) Resíduos de Obra.

(a) (b)

Fonte: Autores (2024).

Estes resíduos serão recolhidos todos os dias e transportados pela empresa contratada, em caminhão com carroceria aberta e basculante. Porém antes de sua destinação eles serão alocados em uma área anexa à construção e distante do município. Este atual modelo de disposição, é considerado pelas normas como irregular, não somente pela falta de estrutura exigida para o acondicionamento, mesmo que temporário deste tipo de resíduos, como também pela presença de outros tipos de resíduos como os volumosos e os de poda e capina.

Por se tratar de uma área urbana, onde o despejo vem a ser de pouco volume, o local de transbordo será usado também para despejo de materiais coletados em fundo de quintal, ou seja, os volumosos, que até o momento não possuem destino específico, ficando dispostos nesta área a céu aberto. Os resíduos volumosos são compostos por objetos com grandes dimensões, como por exemplo, móveis e utensílios domésticos, a coleta e a destinação final deste resíduo não reaproveitáveis serão coletados pela Prefeitura Municipal.

Os resíduos serão encaminhados para local de transbordo, conforme a imagem acima, para averiguação de qualidade.

A área de transbordo será utilizada a partir de uma coleta eficaz, com um trabalho de educação ambiental junto à população é possível introduzir práticas de reciclagem para o reaproveitamento dos resíduos de classe A e B, dando destinação final adequada aos resíduos de classe C e D.

O trabalho de educação ambiental serve para toda a população, já que há uma falta de liderança para a tomada de decisão no processo de gestão de resíduos da construção e demolição nos canteiros de obras, no sentido de realizar a segregação, o acondicionamento e a destinação apropriados a seus resíduos. Vale lembrar, que assim como na construção civil os agentes de obra têm o dever de corretamente despachar os resíduos deixados, é dever da população também quando há resíduos, lixos e etc.

As reciclagens que se baseiam pela variedade de insumos provenientes dos insumos de classe A, como: podem ser processados e resultarem em blocos de concreto, paver, bica corrida, areia, brita triturada; para a aplicação de diversos fins, tais como muros, pavimentação, aterramento, contensão de erosões e etc.

A reciclagem e aproveitamento de alguns resíduos da classe B que já tem mercado para sua comercialização, o que também promove a geração de empregos e envolve cooperativas, a iniciativa privada e o poder público.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do estudo detalhado realizado na obra residencial em Parintins/AM, fica claro que o gerenciamento de resíduos na construção civil é uma questão de extrema importância e complexidade. Nosso principal objetivo era mostrar como foi feito o plano de ação sobre o gerenciamento de resíduos da obra residencial em Parintins-AM.

Os resultados obtidos foram planilhas que serviram para a divisão dos resíduos e a destinação dos próprios. Tivemos também o apoio do PGRCC, que serviu para o desencadeamento dos resíduos e a sua destinação.

A liberação e destinação dos resíduos teve 3 a 5 dias para se alinhar sobre todos, fazer o plano e coletar os mesmos.

Por fim, concluir uma experiência muito boa na obra residencial, conseguir colocar em prática todos os ensinamentos dados em sala de aula e saber a importância do gerenciamento correto dos resíduos, já que a falta desse gerenciamento coloca em risco o meio ambiente e as pessoas que o cercam.

REFERÊNCIAS

[1] **A importância da resolução CONAMA 307 para a gestão dos resíduos sólidos da construção civil.** Disponível em: https://sou.undb.edu.br/public/publicacoes/a-importancia-da-resolucao-conama-307-para-a-gestao-dos-residuos-solidos-da-construcao-civil-marcos-vinicius-alexandre-jose-e-claudemir-gomes.pdf. Acesso em: 09/06/2024

[2] ABRECON. **Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - Abrecon.** Em: 13 dez. 2022. Disponível em: https://abrecon.org.br. Acesso em: 17/06/2024

[3] AMORIM Igor B., Motta Rosangela, Bariani Bernucci L.. **Application of recycled aggregates from construction and demolition waste with Portland cement and hydrated lime as pavement subbase in Brazil.** 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119520. Acesso em: 09/06/2024

[4] **ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.** Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014. São Paulo: ABRELPE, 2014. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf.Acesso em: 09/06/2024

[5] BATALHA, Socorro de Souza. **Festival Folclórico de Parintins: um estudo sobre a presença indígena na composição das toadas e a produção do cenário artístico apresentado no bumbódromo (1995-2010).** Somanlu Revista de Estudos Amazônicos, Amazonas, v. 10 n. 2 2010.

Disponível em: https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/somanlu/article/view/493/321. Acesso em: 09/06/2024

[6] CALDAS, MP, 2003. **Research design: qualitative, quantitative and mixed methods approaches.** Rev. Adm. Contemp. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1415-65552003000100015. Acesso em: 09/06/2024

[7] CAETANO, M. O.; SELBACH, J. B. O.; GOMES, L. P. **Composição gravimétrica dos RCD para a etapa de acabamento em obras residenciais horizontais.** Ambiente Construído, v.16, n. 2, p. 51-67, 2016.

[8] CAVALCANTI, Maria Laura Viveiros de Castro. **O Boi-Bumbá de Parintins, Amazonas: breve história e etnografia da festa.** Hist. cienc. saúde-Manguinhos, Rio de Janeiro, v. 6, supl. p. 1019-1046, set. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104- 59702000000. Acesso em: 09/06/2024

[9] **Classificação dos Resíduos Sólidos segundo a Legislação.** Disponível em: https://www.vertown.com/blog/blogclassificar-residuos-solidos-segundo-a-legislacao-vigente/#:~:text=Muitas%20empresas%20encontram%20dificuldade%20para,relativa%20a%20composi%C3%A7%C3%A3o%20dos%20materiais. Acesso em: 17/06/2024

[10] IPEA-Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil.** Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012. Disponível em:<http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf>. Acesso em: 09/06/2024

[11] JACINTO, M. E. L.; CARVALHO, E. M. R. **Educação Ambiental na Construção Civil: Práticas de Gestão de Resíduos no Canteiro de Obras.** Em: SALES, R. E. D. S. et al. A Construção Civil: em uma perspectivas econômica, ambiental e social - Volume 2. 1. ed. [S. l.]: Editora Científica Digital, 2022. p. 103–118. E-book. Disponível em: http://www.editoracientifica.com.br/articles/code/220508951. Acesso em: 17/06/2024

[12] LEITE, I. C. de A. et al. **Gestão de resíduos na construção civil: um estudo em Belo Horizonte e região metropolitana.** REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, [s. l.], v. 14, n. 1, 2018. Disponível em: https://revistas.ufg.br/reec/article/view/44439. Acesso em: 17/06/2024

[13] PMCG. **Descarte irregular de lixo e entulho contribui para proliferação do Aedes aegypti.** [S. l.], 2019. Disponível em: https://www.campos.rj.gov.br/exibirNoticia.php?id_noticia=52025.

[14] **Resolução CONAMA 307/02: Qual a importância para gestão de resíduos da Construção Civíl.** Disponível em: https://www.vertown.com/blog/resolucao-conama-307-02-qual-importancia-para-gestao-de-residuos-da-construcao-civil/. Acesso em: 09/06/2024

[15] SANTOS, Gabriel Augusto Nogueira dos. **Representação Indígena, Território e Cultura no Festival Folclórico de Parintins: uma análise da retratação do Vale do Javari.** Revista Cocar V.14., N.30, 2020. Disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/3736<. Acesso em: 09/06/2024

[16] SANTOS, A. N. **Diagnóstico da situação dos resíduos de Construção e Demolição (RCD) no Município de Petrolina (PE) Dissertação.** Recife: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/UNICAP; 2008. 111p.

[17] SOUZA, Valdilene Siqueira de. **Centralidade urbana em cidades ribeirinhas da Amazônia: Parintins-AM.** Dissertação (Mestrado em geografia) UFAM Instituto de Ciências Humanas e Letras - ICHL Programa de Pós-graduação em Geografia - PPGEO Mestrado em Geografia. 2017. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/5997/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 09/06/2024

[18] Yuan, HP, Shen, LY, Hao, JJL, Lu, WS, 2011. **A model for cost-benefit analysis of construction and demolition waste management throughout the wate chain.** Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs. Acesso em: 09/06/2024

[19] VERTOWN. **Resíduos da Construção Civil: construindo valores de sustentabilidade.** [S. l.], 2020. Disponível em: https://www.vertown.com/blog/residuos-da-construcao-civil-construindovalores-de-sustentabilidade/. Acesso em: 8 mar. 2023.

Capítulo 18

Importância do uso correto dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) na construção civil: estudo de caso

Nelson Luíz Nina Góes
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: Este trabalho expõe sobre o estudo de caso realizado com os colaboradores da construtora L G Freitas Dias, responsável pela restauração do muro de arrimo da orla da cidade de Parintins, na qual foi aplicado um questionário em diversos setores da obra, onde foram abordados aspectos relacionados ao uso correto dos EPIs dentro do canteiro de obras, tendo envolvido uma parte das pessoas colaboradoras de um total de vinte e cinco funcionários, a fim de mostrar a importância do uso correto dos EPIs no canteiro de obras, ultrapassando a resistência do uso por parte dos colaboradores. Buscou-se verificar sobre os principais tipos de EPIs (capacete, luvas, óculos, botinas, cinturão de proteção), usados nos setores de ferragem, carpintaria, alvenaria / concretagem. O referido estudo mostra, porque as normas técnicas da construção Civil em vigor indicam que os equipamentos de proteção individual "EPIs" têm o propósito de proteger o trabalhador da construção civil dos riscos à saúde e segurança individual, por isso devem ser usados constantemente de forma correta e não apenas quando existir a negatividade de um controle menos atuante, que levaria à prioridade de riscos de acidentes no ambiente de trabalho. Os resultados apontam que há certa resistência na implementação do uso de EPIs. Isto acontece, porque, na maioria dos casos, o seu uso é totalmente desconfortável, além de possuir falta de orientação, informação e treinamento e os trabalhadores não têm o devido incentivo para se preocupar com a proteção individual. A partir dos resultados foi elaborado um folder para ser distribuído com o intuito de dar orientações com práticas educativas sobre a importância do uso correto dos EPIs aos colaboradores da referida obra na cidade de Parintins-Am.

Palavras-chave: Construção civil, EPIs, Segurança em Obras de engenharia

1. INTRODUÇÃO

O uso adequado dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) representa um dos pilares fundamentais para a prevenção de acidentes e a preservação da integridade física dos trabalhadores no setor da construção civil. Considerando-se o elevado número de riscos inerentes às atividades desenvolvidas nesse ambiente, torna-se essencial abordar a relevância do uso correto desses dispositivos, especialmente em canteiros de obras onde se observa negligência por parte de alguns profissionais quanto ao seu uso.

A Norma Regulamentadora nº 6 (NR 6), atualizada em 2022, define os EPIs como todo dispositivo ou produto de uso individual destinado à proteção do trabalhador contra riscos que possam comprometer sua segurança e saúde durante a execução de suas funções (BRASIL, 2022). Essa definição destaca o papel preventivo dos EPIs, os quais devem ser obrigatoriamente fornecidos pelos empregadores conforme as exigências legais, atendendo às especificidades de cada atividade profissional.

O estudo de caso apresentado foi realizado em uma empresa construtora responsável pela restauração do muro de arrimo na orla da cidade de Parintins, no estado do Amazonas. Essa investigação justifica-se pela necessidade de verificar a efetividade do uso dos EPIs no canteiro de obras, tendo em vista que, apesar de haver trabalhadores que utilizavam corretamente os equipamentos de proteção, observou-se também a ocorrência de descumprimento dessa prática em determinados setores da obra. Ressalta-se que o ambiente da construção civil é caracterizado por elevados níveis de risco, incluindo quedas em altura, exposição a substâncias químicas, resíduos contaminados, tintas, solventes, materiais com amianto, entre outros agentes potencialmente nocivos à saúde.

Com base na NR 6, entende-se que os EPIs são dispositivos de proteção individual obrigatórios, destinados a resguardar o trabalhador de riscos ocupacionais. De acordo com Montenegro e Santana (2013), os profissionais da construção civil estão amparados por essa norma, a qual estabelece que os empregadores devem disponibilizar os EPIs de acordo com a natureza de cada função exercida. Entretanto, os desafios enfrentados por esses trabalhadores se agravam diante do uso inadequado, ou mesmo da ausência, de equipamentos como capacetes, luvas, óculos, botinas e cinturões de segurança, especialmente nas atividades de ferragem, carpintaria, alvenaria e concretagem (ARAÚJO; JÚNIOR, 2018).

A precariedade nas condições reais dos canteiros de obras, associada à improvisação, à carência de treinamentos específicos e à baixa qualificação da mão de obra, intensifica os problemas relacionados à segurança. O uso incorreto ou inexistente dos EPIs contribui para o aumento de acidentes e para a vulnerabilidade dos trabalhadores. Ainda segundo Araújo e Júnior (2018), essas condições comprometem a eficácia das medidas de segurança implementadas nos empreendimentos.

De acordo com Ribeiro (2023), os principais fatores que contribuem para os altos índices de acidentes no setor incluem a ausência de fiscalização técnica sobre o uso dos EPIs e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs), a falta de políticas de conscientização sobre riscos ocupacionais, treinamentos ineficientes, falhas ou ausência de manutenção em equipamentos e máquinas, além do consumo de substâncias como álcool, tabaco e entorpecentes no ambiente de trabalho.

A fiscalização contínua das atividades desempenhadas nos canteiros de obra representa uma estratégia essencial para garantir o uso correto dos EPIs pelos trabalhadores, assegurando a integridade física dos mesmos e a qualidade do empreendimento durante a fase construtiva. Como apontado pelo ICSEZ (2015), o monitoramento rigoroso contribui também para a prevenção de falhas no sistema construtivo.

Ainda que os EPIs não sejam capazes de eliminar os riscos existentes, sua utilização correta constitui uma medida paliativa eficaz na redução da gravidade das consequências dos acidentes. Conforme Mauricio (2021), os equipamentos atuam como barreiras de proteção que, embora não suprimam as causas dos eventos adversos, minimizam seus impactos sobre os trabalhadores, sendo essenciais tanto para empregados formais quanto informais.

Diante desse cenário, o presente estudo buscou evidenciar a relevância da utilização adequada dos EPIs em obras de construção civil, tomando como referência empírica a intervenção realizada na orla de Parintins-AM. O objetivo principal consistiu em demonstrar a importância do uso correto dos equipamentos de proteção individual como fator determinante para a segurança e a saúde dos trabalhadores no ambiente de obra.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma obra de contenção, especificamente na construção de um muro de arrimo executado pela empresa LG Freitas Dias, especializada na área da construção civil, com atuação nos serviços de criação e execução de projetos arquitetônicos. No período da pesquisa, a empresa desenvolvia intervenções estruturais voltadas à contenção da orla do município de Parintins, estado do Amazonas, por meio da implantação de cortinas de contenção e contrafortes no muro de arrimo.

O trabalho de campo foi desenvolvido no período de março a abril de 2024, durante a execução da obra supracitada. A cidade de Parintins está situada na margem esquerda do rio Amazonas, a aproximadamente 369 quilômetros em linha reta da capital Manaus. O deslocamento até a capital varia conforme o meio de transporte: cerca de uma hora por via aérea e de oito a vinte e quatro horas por via fluvial, dependendo das condições do rio e do tipo de embarcação, com percurso estimado em 420 quilômetros.

Com o objetivo de mapear os setores da obra, foram realizadas visitas técnicas in loco, onde foram observadas as práticas relacionadas ao uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). Participaram da coleta de dados 11 colaboradores, de um total de 25 funcionários. Desses, 10 responderam a um questionário estruturado e 1 colaborador participou de uma entrevista assistemática. A intenção foi identificar os principais EPIs utilizados no canteiro e confrontar sua aplicação com as diretrizes estabelecidas pela Norma Regulamentadora nº 6 (NR 6).

Durante as visitas, foi realizado o mapeamento dos setores da obra conforme seus níveis de risco, observando os tipos de EPIs empregados nas atividades relacionadas à ferragem, carpintaria e alvenaria/concretagem. As informações foram registradas em diário de campo, complementadas por documentos e imagens coletadas no local. A norma vigente determina que o empregador deve garantir que todos os trabalhadores estejam adequadamente protegidos durante todo o tempo de exposição aos riscos ocupacionais. A disponibilidade constante de EPIs é uma exigência de ordem higiênica e ergonômica

(FERREIRA et al., 2020), e a manutenção e melhoria contínua das condições de trabalho é de responsabilidade das empresas (MONTENEGRO; SANTANA, 2013).

Além das observações diretas, foram realizadas reuniões com o engenheiro responsável pela obra, que forneceu informações relevantes para o mapeamento de práticas de segurança nos setores já citados. O questionário aplicado aos trabalhadores contou com dez perguntas fechadas, abordando aspectos como o fornecimento, a fiscalização e o uso correto dos EPIs.

Tabela 1: Lista de perguntas realizadas na obra

Nº	Perguntas
01	A empresa fornece gratuitamente aos trabalhadores os EPIs, para proteção de todos?
02	A empresa registra o fornecimento dos EPIs aos trabalhadores, da data de entrega e da assinatura do trabalhador?
03	A empresa exige o uso dos EPIs pelos trabalhadores, mediante ordem de serviço, treinamento e fiscalização?
04	A empresa orienta e treina os trabalhadores sobre o uso, a guarda e a conservação dos EPIs?
05	A empresa substitui os EPIs danificados ou extraviados por novos equipamentos?
06	O EPI apresenta, em caracteres indeléveis, legíveis e visíveis, marcações com o nome comercial do fabricante ou do importador, o lote de fabricação e o número do CA ou do CC?
07	A empresa seleciona os EPIs, levando em conta a atividade, riscos, normas técnicas da NR 6?
08	Já presenciou acidentes dentro do canteiro de obras?
09	É incômodo usar constantemente os EPIs na Obra?
10	Você se sente seguro usando os EPIs no canteiro/obra?

Fonte: Autores (2024).

Após a aplicação do questionário, foi possível realizar uma análise comparativa entre os setores da obra e os respectivos EPIs utilizados, avaliando a conformidade com a NR 6. Essa análise também permitiu identificar lacunas e boas práticas quanto ao uso dos equipamentos, reforçando a importância da responsabilidade compartilhada entre empregadores, colaboradores e fornecedores quanto ao cumprimento das normas de segurança.

A obrigatoriedade do uso de EPIs está prevista na legislação desde a Portaria MTIC nº 319, de 30 de dezembro de 1960, quando os equipamentos ainda eram denominados Equipamentos Individuais de Proteção (EIP). Esse documento introduziu a exigência do Certificado de Aprovação (CA), e, com o avanço das tecnologias e das políticas de segurança, consolidou-se a abordagem atual com base nas Normas Regulamentadoras, em especial a NR 6 (FERNANDES, 2018).

Como resultado das observações e análises, identificou-se a necessidade de reforçar a orientação aos trabalhadores por meio de materiais educativos sobre o uso correto e constante dos EPIs. Com esse intuito, foi elaborado um folder com informações acessíveis e objetivas sobre boas práticas no uso dos equipamentos, o qual foi distribuído aos colaboradores da obra.

O material teve como finalidade promover a conscientização sobre a importância da prevenção de acidentes e contribuir para a construção de um ambiente de trabalho mais seguro e saudável, reforçando a responsabilidade individual e coletiva no cumprimento das normas de segurança.

3. RESULTADOS

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados obtidos por meio da pesquisa de estudo de caso realizada com trabalhadores envolvidos na execução da obra do muro de arrimo na cidade de Parintins-AM. Os dados coletados evidenciaram, em determinados momentos, a existência de negligência quanto ao uso adequado dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs).

A análise parte do entendimento de que segurança e saúde no trabalho correspondem a um conjunto de medidas voltadas à prevenção de doenças ocupacionais e acidentes de trabalho, sendo aspectos que não devem ser negligenciados em nenhuma circunstância (MELO, 2001). A avaliação de riscos, nesse contexto, deve ser contemplada desde a fase de elaboração do projeto até sua execução (CRUZ, 2012), de modo a garantir um ambiente de trabalho seguro.

Destaca-se a importância da atuação do empregador no que se refere à implementação de ações voltadas à segurança e saúde dos trabalhadores (RESENDE, 2019). Embora o ambiente da construção civil apresente riscos diversos, muitos acidentes ainda ocorrem devido à resistência por parte dos trabalhadores quanto ao uso correto dos EPIs, fator que contribui significativamente para a gravidade desses incidentes.

O Brasil ocupa a quarta posição no ranking mundial de acidentes de trabalho, sendo superado apenas pela China, Índia e Indonésia (TAMBARUSSI, 2018; BEZERRA, 2018). De acordo com a Associação Nacional de Medicina do Trabalho (ANAMT, 2019), somente no ano de 2017 foram registrados 12.651 acidentes de trabalho na construção civil, dos quais aproximadamente 8% resultaram em óbito. Desses casos, cerca de mil trabalhadores ficaram permanentemente incapacitados, representando 7,9% do total, e 227 pessoas faleceram, o que equivale a 10,8%. A taxa de mortalidade geral no Brasil é de 5,21 mortes por 100 mil vínculos empregatícios, enquanto na construção civil esse número chega a 11,76 mortes por 100 mil vínculos (ANAMT, 2019).

Lobo Júnior (2008) observa que, frequentemente, os acidentes de trabalho decorrem da busca incessante por redução de custos por parte dos empregadores, prática que compromete parâmetros essenciais à saúde e segurança dos trabalhadores (apud NOBRE, 2019).

Os resultados obtidos a partir do questionário aplicado aos colaboradores dos setores de ferragem, carpintaria e alvenaria/concretagem revelam que a importância do uso dos EPIs está fortemente associada ao grau de conscientização e treinamento dos trabalhadores. As visitas técnicas realizadas no local da obra contribuíram significativamente para a observação direta das práticas e para a realização de reuniões, entrevistas e a elaboração de materiais educativos, como o folder informativo sobre o uso correto dos EPIs.

O mapeamento dos setores da obra indicou que o uso adequado dos EPIs ainda representa um desafio relevante para a promoção da saúde e segurança no canteiro. Os dados coletados (Figura 2) apontam para uma lacuna entre a disponibilização dos equipamentos e sua efetiva utilização por parte dos colaboradores, especialmente durante a execução das atividades relacionadas à recuperação da orla.

Figura 1: Ausência de uso dos EPIs nos setores.

(a) (b)

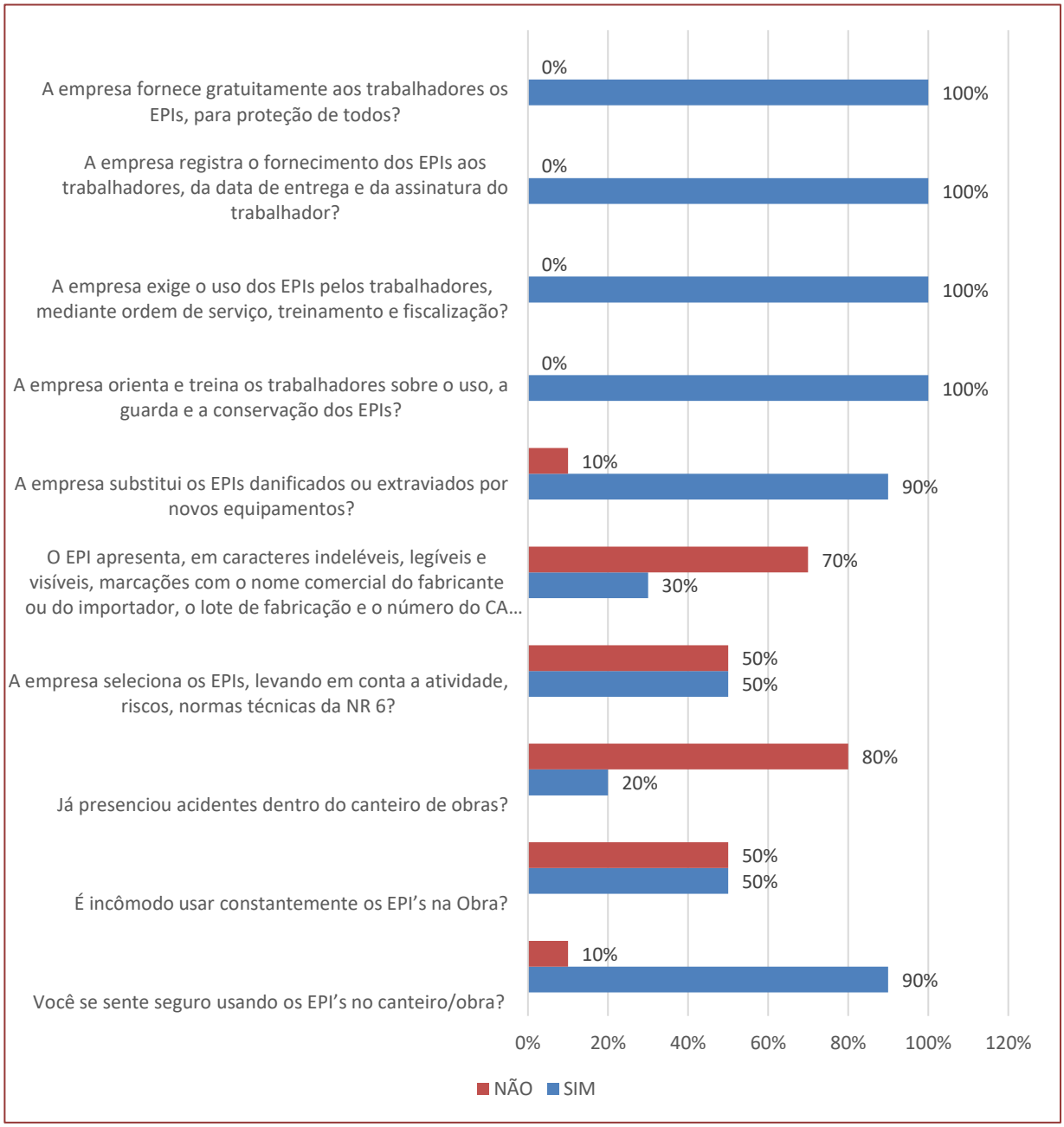
Fonte: Autores (2024).

Apesar do foco das normas de segurança ser a proteção da vida e integridade dos trabalhadores, é importante destacar que os riscos existentes nos canteiros de obras também podem ocasionar prejuízos financeiros e comprometer o cronograma da obra. Nesse sentido, o uso de EPIs representa um elemento central na prevenção de acidentes e doenças ocupacionais (SANTOS et al., 2018).

Os dados representados no Gráfico 1 indicam que a empresa responsável pela obra tem cumprido integralmente as exigências referentes ao fornecimento gratuito, ao registro de entrega e à orientação sobre o uso dos EPIs. Entretanto, observou-se uma deficiência de 10% no que se refere à substituição de equipamentos danificados. Além disso, 70% dos EPIs analisados apresentavam marcações visíveis e legíveis, conforme exigido pela legislação, enquanto 50% dos colaboradores afirmaram que a seleção dos equipamentos considerava os riscos da atividade e as normas técnicas da NR 6.

Quanto à experiência com acidentes no canteiro de obras, apenas 20% relataram já ter presenciado alguma ocorrência. No entanto, 50% dos trabalhadores relataram incômodo no uso contínuo dos EPIs, o que pode estar relacionado à falta de adaptação ou de treinamento. Por outro lado, 90% dos entrevistados afirmaram sentir-se mais seguros ao utilizar os EPIs durante a execução de suas tarefas.

Gráfico 1: Uso correto dos “EPIS” no muro de arrimo da cidade de Parintins/AM



Fonte: Autores (2024).

A ausência de conhecimento técnico sobre os riscos ocupacionais e sobre o uso correto dos EPIs compromete a efetividade das ações de segurança no ambiente de trabalho. Em determinadas situações, por exemplo, a não utilização do capacete, ou o uso de equipamentos com Certificado de Aprovação (CA) vencido ou ausente, pode resultar em sanções legais ao empregador.

De acordo com Souza e Carneiro (2018), todos os EPIs devem ser submetidos a verificações regulares quanto ao seu desempenho e conservação, garantindo que permaneçam aptos a oferecer o nível de proteção para o qual foram projetados. Os dados da pesquisa demonstram que essa prática tem sido observada na empresa em análise, o que contribui positivamente para a promoção de um ambiente laboral mais seguro.

3.1. EPIS EM DESTAQUE

Os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) são dispositivos ou produtos de uso pessoal cuja finalidade é proteger os trabalhadores contra riscos capazes de comprometer sua segurança e saúde no ambiente de trabalho. A utilização desses equipamentos deve ocorrer sempre que as medidas de proteção coletiva adotadas se mostrarem insuficientes para a eliminação ou mitigação dos riscos existentes (BRASIL, 2018), conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Equipamentos de Proteção

Fonte: Autores (2024)

3.2. CAPACETE DE PROTEÇÃO

No setor da construção civil, o capacete de proteção configura-se como um dos EPIs mais essenciais, sendo responsável pela proteção da região craniana, uma das mais vulneráveis a impactos e acidentes. Projetado para suportar choques e quedas de objetos, o capacete visa preservar a integridade física do trabalhador, inclusive em situações de exposição ao sol ou a riscos elétricos.

De acordo com a ABNT NBR 8221:2019, existem dois tipos principais de capacetes: classe A, indicados para proteção contra impactos mecânicos, e classe B, recomendados também para riscos elétricos. A escolha adequada do modelo deve considerar as condições do ambiente de trabalho e os riscos envolvidos. Ressalta-se que tanto trabalhadores quanto visitantes devem utilizar este EPI nas áreas operacionais da obra.

Durante as visitas técnicas à obra de restauração do muro de arrimo no município de Parintins (AM), observou-se que, em determinadas ocasiões, alguns colaboradores desempenhavam suas funções sem utilizar corretamente o capacete de proteção, conforme evidenciado na Figura 3.

Figura 3: Ausência de uso dos EPIs, capacete de proteção e luvas

Fonte: Autores (2024)

A utilização correta do capacete depende de fatores como conforto, conservação do material e adequação às normas vigentes. Os capacetes utilizados em obras civis costumam ter cores distintas, com a finalidade de identificação das funções dos usuários. Dentre as cores mais comuns, destacam-se: branco e cinza com ranhuras para engenheiros e arquitetos; branco para mestres de obra e encarregados; azul para pedreiros; vermelho para carpinteiros; verde para serventes e operários; laranja para eletricistas; preto para técnicos de segurança do trabalho; e marrom ou amarelo para visitantes (Figura 4).

Figura 4: Indicação de cores dos capacetes usados em obras

Fonte: Soldmaq (2016).

3.3. LUVAS DE PROTEÇÃO

As luvas de proteção desempenham papel fundamental na prevenção de lesões nas mãos, especialmente em atividades que envolvem contato com superfícies cortantes, abrasivas, escoriantes ou com risco de rebarbas. A escolha adequada do tipo de luva deve considerar os riscos específicos da atividade, a fim de evitar acidentes como cortes, queimaduras e reações alérgicas (Figura 5).

Figura 5: Luvas apropriadas para construção civil

Fonte: Ferramentas Máxima (2022).

As luvas de látex são usadas na proteção das mãos, contra agentes químicos como o cimento que podem causar irritações na pele. Para evitar problemas com a saúde dos colaboradores, faz-se necessário o uso desse EPI para cada tipo de operação de serviço no canteiro de obras. As luvas podem ser de: Amianto (para altas temperaturas); PVC sem forro (permite maior mobilidade que a versão forrada); Borracha (serviço elétrico, divididos em cinco classes, de acordo com a voltagem); Pelica (as luvas de borracha, protege contra perfurações).

A adequada seleção e uso das luvas são fundamentais para garantir a segurança das mãos, minimizando significativamente os índices de acidentes neste segmento laboral.

3.4. BOTINAS DE SEGURANÇA

As botinas de segurança são dispositivos indispensáveis na proteção dos pés contra diversos riscos presentes no canteiro de obras, como quedas de objetos, perfurações, choques elétricos e escorregamentos. Esses calçados devem possuir biqueira de aço ou material resistente, solado antiderrapante, características dielétricas (quando necessário) e serem fabricados conforme os critérios estabelecidos pela Norma Regulamentadora nº 6 (NR 6).

O uso correto das botinas contribui para a redução dos índices de acidentes de trabalho, que seguem altos na construção civil, conforme apontado por estatísticas recentes (SANTOS, 2018). Além da escolha adequada do modelo, é fundamental que os calçados sejam mantidos limpos, secos e em boas condições de uso, para garantir sua funcionalidade e prolongar sua vida útil.

Figura 6: Botas adequadas para construção civil

Fonte: Ferramentas Máxima (2022).

Durante as visitas realizadas ao canteiro de obras da empresa responsável pela restauração do muro de arrimo na orla da cidade de Parintins, observou-se a negligência por parte de alguns colaboradores quanto ao uso adequado dos Equipamentos de Proteção Individual, especificamente as botinas de segurança (Figura 7). A ausência deste EPI expõe os trabalhadores a riscos diversos, como escorregamentos, cortes nos pés e eventuais patologias decorrentes do contato direto com insumos utilizados na obra.

As botinas de segurança são projetadas para proteger os membros inferiores ao longo da jornada de trabalho, prevenindo acidentes e proporcionando maior estabilidade em terrenos irregulares ou escorregadios. A fiscalização por parte do técnico de segurança no local, no entanto, mostrou-se insuficiente quanto à exigência do uso contínuo e adequado desse equipamento, comprometendo a eficácia das medidas preventivas propostas.

Figura 7: a) Registro de ausência de uso das botas na obra; b) Registro de ausência de uso das botas e luvas na obra

(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

3.5. ÓCULOS DE PROTEÇÃO

A proteção da visão também é um fator fundamental no ambiente da construção civil, onde frequentemente há exposição a partículas sólidas, respingos de tintas e cimento, radiações luminosas, faíscas, vapores e outros agentes potencialmente lesivos. Para essas situações, são recomendados óculos de proteção com lentes resistentes a impactos, capazes de minimizar significativamente os riscos de lesões oculares.

Conforme Deltaplus Brasil (2019), os óculos de segurança devem ser utilizados sempre que houver risco de contato com líquidos corrosivos, poeiras, fumos ou partículas geradas por processos como soldagem a laser ou a arco. No entanto, a falta de adesão a essa prática ainda é comum, e muitos trabalhadores não utilizam o equipamento, o que pode comprometer sua saúde visual, conforme apontado por Silva e Assis Júnior (2020). Quando corretamente ajustados e utilizados conforme as especificações da NR 6, esses dispositivos tornam-se eficientes aliados da segurança no trabalho (Figura 8).

Figura 8: Óculos de proteção

Fonte: Ferramentas Máxima (2022).

3.6. CINTO DE SEGURANÇA

Outro dispositivo de uso essencial em determinadas situações é o cinturão de segurança, especialmente em atividades realizadas em altura. Este EPI tem como principal função evitar quedas, protegendo o trabalhador contra acidentes potencialmente fatais. O cinturão de segurança, ilustrado na Figura 9, é geralmente confeccionado em couro ou náilon, e possui argolas que se fixam a pontos de ancoragem estáveis na estrutura da construção.

Além de impedir quedas, o uso correto do cinturão contribui para a preservação da coluna lombar, reduzindo o esforço físico e promovendo postura adequada durante a execução das tarefas. O modelo limitador de espaço, em particular, restringe os movimentos do trabalhador, mantendo-o dentro de uma zona segura de atuação.

Figura 9: Cinto de segurança

Fonte: Ferramentas Máxima (2022).

Diante dos dados obtidos neste estudo de caso, evidencia-se a importância de alertar sobre os riscos decorrentes da ausência ou uso inadequado dos EPIs. É fundamental que os encarregados adotem os equipamentos corretamente, servindo como exemplo para os demais colaboradores. Como medida educativa, elaborou-se um folder explicativo voltado aos trabalhadores da obra de restauração do muro de arrimo da cidade de Parintins (Figura 10).

Esse material didático visa reforçar o cumprimento da Norma Regulamentadora nº 6 (NR 6), instituída em 1978, a qual estabelece diretrizes sobre a obrigatoriedade dos EPIs, a serem fornecidos pelos empregadores sempre que as medidas coletivas não forem suficientes para neutralizar os riscos ocupacionais (BRASIL, 2018, apud NOBRE, 2018). O folder, portanto, busca informar, orientar e sensibilizar os trabalhadores quanto à relevância do uso correto dos principais EPIs: capacetes, luvas, óculos de proteção, botinas e cinturões de segurança.

A iniciativa reflete a seriedade do tema e reforça a necessidade de promover uma cultura de segurança no ambiente de trabalho. A divulgação de materiais visuais como cartazes, banners, faixas e cartilhas, estrategicamente posicionados no canteiro de obras, amplia a conscientização e facilita a compreensão sobre os procedimentos corretos de utilização dos EPIs.

Com base nas observações realizadas durante as visitas técnicas e nos questionamentos dirigidos aos trabalhadores, constatou-se a necessidade de uma ferramenta de apoio que reforçasse a importância dos EPIs. Em resposta a essa demanda, foi elaborado e distribuído o referido folder, com o intuito de contribuir para a mudança de comportamento e a melhoria das condições de segurança no local de trabalho.

Figura 10: Folder informativo sobre uso correto dos EPIs: a) Frente do folder; b) Verso do folder.

Fonte: Autores (2024).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou um estudo de caso que teve como objetivo destacar a relevância do uso correto dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) no setor da construção civil, com foco específico na obra de restauração do muro de arrimo localizado na orla da cidade de Parintins-AM, sob responsabilidade da construtora LG Freitas Dias. A escolha do tema surgiu a partir de uma problemática identificada durante o período de estágio supervisionado, totalizando 176 horas de observação e acompanhamento das atividades realizadas no turno matutino, no ano de 2023. A principal preocupação recaiu

sobre a utilização inadequada ou a completa ausência de EPIs por parte dos trabalhadores envolvidos na execução da obra.

Os dados coletados evidenciaram que, apesar da existência de regulamentações normativas e da disponibilização dos equipamentos no canteiro de obras, ainda persiste uma resistência significativa por parte dos colaboradores quanto à adoção e ao uso correto desses dispositivos. Essa resistência foi observada nos diversos setores da obra, como ferragem, carpintaria, alvenaria e concretagem, revelando a fragilidade no cumprimento das exigências estabelecidas pela Norma Regulamentadora nº 6 (NR 6).

Com base nas análises realizadas, concluiu-se que é necessária uma intervenção educativa que vá além das obrigações legais, buscando promover uma mudança de comportamento no ambiente de trabalho. Para contribuir com essa transformação, foi desenvolvido um folder informativo com orientações sobre o uso adequado dos EPIs, o qual foi distribuído de forma informal aos colaboradores da obra. A receptividade ao material demonstrou a eficácia da abordagem educativa como ferramenta complementar às exigências normativas, reforçando a importância da sensibilização contínua no contexto da segurança do trabalho.

Por fim, embora seja reconhecido entre os trabalhadores o valor dos EPIs como instrumentos fundamentais para a preservação da saúde e da integridade física, ainda se faz necessário manter ações permanentes de fiscalização, orientação e reforço das boas práticas de segurança. A utilização correta dos EPIs deve ser incorporada como hábito indispensável no cotidiano das atividades em canteiros de obras, especialmente em intervenções de grande porte, como a que se desenvolve na orla da cidade de Parintins, contribuindo para a redução de acidentes e para a valorização da vida no ambiente laboral.

REFERÊNCIAS

[1] ARAUJO, P. M.; JÚNIOR, L. R. P. D**. Segurança do Trabalho na Construção Civil: Medidas de Proteção em Canteiro de Obras. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo, v. 11, p. 68-80, 2018

[2] ANMT. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE MEDICINA DO TRABALHO**. Construção civil está entre os setores com maior risco de acidentes de trabalho.** [online]. 2019. Disponível em: Acesso em: 20 mar. 2021.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8221: **Capacete de segurança para uso ocupacional - Especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, p. 18. 2019

[4] BEZERRA, J. C. **A política do fator acidentário de prevenção e sua relação com os acidentes de trabalho no Brasil. 2018.** 117 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva)—Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

[5] BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO. 2018. **NR 6: Equipamento de proteção individual - EPI.** Portaria MTb n.º 3214, de 08 de junho de 1978, alterada pela portaria MTb n.º 877, de 24 de outubro de 2018.

[6] BRASILb. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 01 **– Disposições Gerais e Gerenciamento de riscos ocupacionais**. Atualizada: dez. 2022.

[7] CISZ, C. R. **Conscientização do uso de EPI's, quanto à segurança pessoal e coletiva. 2015**. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba-PR, 2015.

[8] CRUZ, P. M. Aplicação do "Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)" **na demolição, movimento de terras e execução de estruturas em edifícios. Instituto politécnico do Porto**. Porto. 2012

[9] DELTAPLUS BRASIL**. 7 EPIs para construção civil que são extremamente necessários**. 2019.

[10] FERREIRA, W.C.; MORAIS, F.M.; GOMES, N.A.B.; SILVA, S.S.; LEHFELD, N.A.S.; CARITÁ.E.C. **O Uso de Equipamentos de Proteção Individual e Prevenção de Acidentes na Construção Civil. Revista científica integrada**. Universidade de Ribeirão Preto UNAERP. Volume 4, edição 5, 2020

[11] FERRAMENTAS MÁXIMAS. **Equipamentos de proteção individual para a construção civil**, 2022. Disponível em: < https://www.ferramentasmaxima.com.br/produtos/epis/index.php>

[12] FERNANDES, I. S. **Segurança do Trabalho: a importância do EPI**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade Pitágoras, Belo Horizonte, 2018.

[13] GROHMANN, M. Z. **Segurança no trabalho através do uso de epi's: estudo de caso realizado na construção civil de Santa Maria**, Rio Grande do Sul, 2014.

[14] MAURICIO, D. **O papel das NRs na construção civil. 2021**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2021.

[15] MELO, M. B. F. V. **Influência da cultura organizacional no sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho em empresas construtoras**. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção) - Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

[16] MONTENEGRO, Daiane Silva; SANTANA, Marcos Jorge Almeida. **Resistência do Operário ao Uso do Equipamento de Proteção Individual.** 2013

[17] MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA-MTP. NR 6**: equipamentos de proteção individual – EPI.** Brasília, 2022.

[18] NOBRE**, Suyane Samily Silva. et all. XXXIX ENCONTRO NACI**ONAL **DE ENGENHARIA DE PRODUCÃO** "Os desafios da engenharia de produção para uma gestão inovadora da Logística e Operações". Santos, São Paulo, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2019

[19] RESENDE, Renan. Bastos. Alvarenga. **A importância do equipamento de proteção individual (EPI) na construção civil**. 23 nov. 2019.

[20] SANTOS, P. V. S. et al. **Aplicação de normas regulamentadoras de segurança do trabalho em obras de pequeno porte**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2018.

[21] RIBEIRO, Isadora Gomes. **Análise da Percepção de Riscos de Trabalhadores da Construção Civil no Trabalho em Altura**: Estudo de caso. 2023

[22] SILVA, H. M.; ASSIS JÚNIOR, J. D. C. **Quantitativo de acidentes de trabalho na construção civil de 2015 a 2017 no Brasil**. Engineering Sciences, v.8, n.3, p.65-73, 2020.

[23] SOUZA, V. H.; CARNEIRO, Y.M.P. **Importância, conscientização e análise em campo da utilização de equipamentos de proteção individual na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso - Uni Evangélica, Goiás. 2018.

[24] TAMBARUSSI, J. A **segurança do trabalho no canteiro de obras. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza,** ano 2018, n. 000134.

Capítulo 19

A importância do sistema de drenagem em áreas urbanas: um estudo de caso sobre o bairro da União, Parintins-AM

Rodrigo Macedo
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: O sistema de drenagem em áreas urbanas é crucial para prevenir alagamentos, proteger a infraestrutura e garantir a segurança dos habitantes. Sua eficiência contribui para a sustentabilidade das cidades, melhorando a qualidade de vida e mitigando os impactos das chuvas intensas. A metodologia do estudo abrange três fases: análise dos impactos da falta de drenagem, utilizando levantamento topográfico e inspeção visual; análise dos padrões de precipitação com o software Pluvio 2.1 para correlacionar chuvas e alagamentos; e elaboração de propostas de intervenção com medidas técnicas e sociais para melhorar a drenagem, garantindo viabilidade e sustentabilidade. Os resultados mostram que, para melhorar o sistema de drenagem no Bairro da União, Parintins-AM, é essencial considerar as características das vias, como a largura e inclinação, além de dispositivos como sarjetas e guias para direcionar as águas pluviais ao curso d'água designado, minimizando enchentes e preservando a qualidade da água. A ausência de reservatórios de retardo sugere um sistema dimensionado para lidar eficientemente com as chuvas, reduzindo a necessidade de infraestruturas adicionais. A topografia, densidade populacional e uso do solo também devem ser integrados ao planejamento para identificar áreas de risco e dimensionar a infraestrutura de drenagem. Em conclusão, medidas sustentáveis, como telhados verdes e pavimentos permeáveis, e a conscientização comunitária sobre o descarte adequado de resíduos são fundamentais para a eficácia e sustentabilidade do sistema a longo prazo.

Palavras-chave: Infraestrutura; Sustentabilidade; Inundações; Planejamento; Conscientização.

1. INTRODUÇÃO

A relevância dos sistemas de drenagem em áreas urbanas é um tema de grande importância na engenharia civil e na gestão ambiental, especialmente em um contexto de crescente urbanização e mudanças climáticas (GOMES et al., 2020; SILVA, 2023). As cidades enfrentam desafios significativos em relação ao controle das águas pluviais, e a implementação de sistemas de drenagem eficientes é fundamental para mitigar problemas como enchentes, erosão e poluição hídrica (MOREIRA et al., 2023). De acordo com Silva (2020), a infraestrutura de drenagem urbana é crucial para prevenir desastres naturais e promover um ambiente urbano sustentável. Isso sublinha a necessidade de investimentos contínuos e a aplicação de tecnologias inovadoras para melhorar a resiliência das cidades.

Um dos principais desafios enfrentados pelas áreas urbanas é a impermeabilização do solo, que resulta em maior volume e velocidade de escoamento superficial das águas pluviais. Conforme Souza (2019), a impermeabilização reduz a infiltração de água no solo, aumentando o risco de enchentes e sobrecarregando os sistemas de drenagem. Essa situação exige uma abordagem integrada que combine soluções tradicionais, como galerias pluviais, com técnicas mais sustentáveis, como jardins de chuva e pavimentos permeáveis. Essas soluções, além de ajudarem na gestão das águas pluviais, também contribuem para a recarga dos aquíferos e a redução da temperatura urbana (SALVADOR, 2021).

A gestão inadequada das águas pluviais pode acarretar não apenas problemas de infraestrutura, mas também impactos ambientais significativos. Segundo Pereira (2021), a falta de um sistema de drenagem eficiente pode levar à contaminação de corpos d'água, devido ao arraste de poluentes presentes nas ruas e superfícies urbanas. A poluição hídrica é um problema grave, pois compromete a qualidade da água para consumo humano e para a vida aquática. Sistemas de drenagem bem projetados devem incluir mecanismos de controle de qualidade da água, como bacias de retenção e áreas de vegetação ripária, que ajudam a filtrar os poluentes antes que eles atinjam os cursos d'água (BORGES, 2020).

Outro aspecto relevante é o impacto econômico das enchentes urbanas. Mendes (2018) destaca que as enchentes causam prejuízos significativos, tanto para o poder público quanto para a população, afetando residências, comércios e a infraestrutura urbana. Os custos associados às inundações podem ser bastante elevados, incluindo danos materiais, interrupção de atividades econômicas e gastos com reparos e manutenção. Portanto, investir em sistemas de drenagem eficientes não é apenas uma questão de sustentabilidade ambiental, mas também de viabilidade econômica, já que previne perdas e promove a segurança da comunidade (COSTA, 2020).

A integração de tecnologias modernas e a utilização de dados em tempo real são estratégias promissoras para melhorar a eficiência dos sistemas de drenagem urbana. Em Andrade (2022), o autor afirma que o uso de sensores e sistemas de monitoramento remoto pode fornecer informações precisas e em tempo real sobre o comportamento das águas pluviais, permitindo respostas rápidas e eficazes a eventos extremos. A aplicação de ferramentas de modelagem computacional também permite a simulação de cenários e o planejamento de medidas de mitigação mais eficazes. A tecnologia, portanto, se apresenta como um aliado indispensável na gestão das águas urbanas.

Por fim, a participação da comunidade e a educação ambiental são componentes essenciais para o sucesso dos sistemas de drenagem urbana. De acordo com Oliveira

(2019), a conscientização da população sobre a importância da drenagem urbana e a adoção de práticas sustentáveis são fundamentais para a eficácia dos sistemas de manejo de águas pluviais. A população informada e engajada pode colaborar na manutenção das infraestruturas, evitar o descarte inadequado de resíduos e adotar medidas que reduzam a impermeabilização do solo. A combinação de infraestrutura adequada, tecnologia avançada e participação comunitária forma a base de uma gestão hídrica urbana eficaz e sustentável.

Esta pesquisa teve como objetivo geral analisar os impactos da falta do sistema de drenagem no Bairro da União, em Parintins-AM, e propor Projeto de Drenagem através de dimensionamento capaz de absorver vazões da área de estudo. E como objetivos específicos: 1 - Avaliar os impactos da falta de drenagem no Bairro da União; 2 - Investigar os padrões de precipitação na cidade de Parintins-AM para o dimensionamento adequado da rede de drenagem; 3 - Propor Projeto de Drenagem eficiente e sustentável para mitigar os problemas de alagamento e erosão, promovendo a preservação ambiental e a qualidade de vida da comunidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção serão descritos os principais procedimentos dos estudos do sistema de drenagem na área urbana do Bairro da União, Parintins-AM. A metodologia proposta é fundamentada em uma abordagem científica e técnica que integra análises detalhadas, levantamento de dados empíricos e proposição de soluções embasadas. Para alcançar os objetivos estabelecidos, delineia-se um processo metodológico composto por três fases distintas, porém inter-relacionadas.

Inicialmente, será conduzida uma análise minuciosa dos impactos da falta de um sistema de drenagem ocasionada no Bairro da União. Esta análise deverá apontar os principais transtornos populacionais como alagação, proliferação de doenças, dificuldade da mobilidade urbana. Utilizando técnicas de levantamento topográfico e inspeção visual.

Em seguida, foi realizada uma análise dos padrões de precipitação na região por meio do *software* Pluvio 2.1, que é um software especializado para o gerenciamento de dados hidrometeorológicos, desenvolvido com o objetivo de facilitar o monitoramento e a análise de precipitações. Ele oferece ferramentas avançadas para a coleta, processamento e visualização de dados de chuva, permitindo a geração de relatórios detalhados e a realização de análises estatísticas precisas.

Esta análise permitirá compreender a distribuição temporal e espacial das chuvas, sua intensidade e frequência, fornecendo subsídios para a compreensão dos eventos de alagamento. Paralelamente, serão investigados os episódios de alagamento registrados no Bairro da União, correlacionando-os com os padrões de precipitação identificados. Isso envolverá a identificação de áreas vulneráveis, períodos de maior risco e os impactos socioeconômicos associados às inundações.

Com base nas informações coletadas nas etapas anteriores, serão elaboradas propostas de intervenção para a melhoria do sistema de drenagem do Bairro da União. As soluções propostas abrangem medidas de curto, médio e longo prazo, incluindo a ampliação da capacidade de escoamento, a implementação de dispositivos de drenagem adicionais, a adoção de práticas de gestão de águas pluviais e ações de conscientização comunitária. Serão considerados aspectos técnicos, ambientais, econômicos e sociais na formulação das propostas, garantindo sua viabilidade e sustentabilidade a longo prazo.

3. RESULTADOS

Nos resultados, foi analisados os impactos da falta de um sistema de drenagem eficiente no Bairro da União, destacando os transtornos causados, como alagamentos frequentes, proliferação de doenças e dificuldades na mobilidade urbana. Também será investigado o padrão de precipitação em Parintins-AM, utilizando dados hidrometeorológicos para dimensionar adequadamente a rede de drenagem. Por fim, serão propostas soluções de drenagem eficientes e sustentáveis, com foco na mitigação dos problemas de alagamento e erosão, promovendo a preservação ambiental e a melhoria da qualidade de vida da comunidade local.

3.1. AVALIAÇÃO DA INFRAESTRUTURA DE DRENAGEM EXISTENTE

No Bairro da União, inicialmente, não havia nenhum sistema de drenagem, resultando em frequentes alagamentos e dificuldades para os moradores lidarem com as águas pluviais. Sem uma infraestrutura adequada, as ruas ficam inundadas após as chuvas, causando transtornos no tráfego e danos às residências. A ausência de um sistema eficiente de escoamento da água agrava os problemas de saneamento básico, contribuindo para a proliferação de doenças e para a degradação da qualidade de vida na região. Esse cenário precário evidenciava a urgente necessidade de investimentos em obras de drenagem urbana para garantir melhores condições de habitação e saúde para a comunidade local, como apresentado na Figura 1a e 1b.

Figura 1: a) Ausência de Drenagem; b) Ausência de Drenagem

(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

Conforme mostrado na Figura 2a e 2b, a ausência de drenagem no Bairro da União tem provocado alagamentos frequentes que resultam em diversos transtornos para os moradores e para a infraestrutura urbana local. Durante períodos de chuvas intensas, a falta de um sistema adequado de escoamento de água faz com que as ruas e avenidas se transformem em verdadeiros rios, dificultando a mobilidade dos pedestres e veículos.

Figura 2: a) Área alagada no bairro União; b) Ponte de madeira construída para acesso às residências Bairro da União

(a) (b)

Fonte: Defesa Civil (2024)

Esse problema é agravado pela impermeabilização do solo, que impede a infiltração natural da água, levando ao acúmulo excessivo nas vias públicas e em áreas residenciais. Além do incômodo diário, os alagamentos causam danos significativos às construções, comprometendo a integridade de residências, comércios e serviços essenciais, e aumentando os custos de manutenção e reparo para os proprietários e para o município.

Os impactos à infraestrutura urbana no Bairro da União são severos e multifacetados. As inundações constantes deterioram rapidamente o pavimento das ruas e calçadas, criando buracos e rachaduras que representam perigo para motoristas e pedestres. Os sistemas de eletricidade e saneamento também são afetados, com a inundação de bueiros e galerias pluviais que transbordam e espalham lixo e dejetos nas áreas afetadas. Essa situação não só compromete a qualidade de vida dos moradores, mas também acarreta um gasto contínuo e elevado para o poder público na tentativa de realizar reparos emergenciais. A degradação da infraestrutura urbana dificulta a atração de investimentos e o desenvolvimento econômico local, perpetuando um ciclo de negligência e deterioração.

Além dos danos físicos e materiais, a ausência de um sistema de drenagem adequado no Bairro da União coloca em risco a saúde pública. As águas estagnadas provenientes dos alagamentos se tornam criadouros ideais para mosquitos transmissores de doenças como dengue, *zika* e *chikungunya.* Além disso, a mistura de água da chuva com esgoto e resíduos sólidos aumenta o risco de contaminação por agentes patogênicos, podendo provocar surtos de doenças gastrointestinais e infecciosas. A proliferação de vetores e a exposição a águas contaminadas afetam diretamente a saúde dos moradores, especialmente crianças e idosos, que são mais vulneráveis. Esses problemas de saúde pública resultam em um aumento da demanda por serviços médicos e hospitalares, pressionando ainda mais o já sobrecarregado sistema de saúde local e gerando um impacto socioeconômico negativo, pois muitas famílias precisam arcar com custos de tratamentos e medicamentos, além de enfrentarem a perda de dias de trabalho e escola.

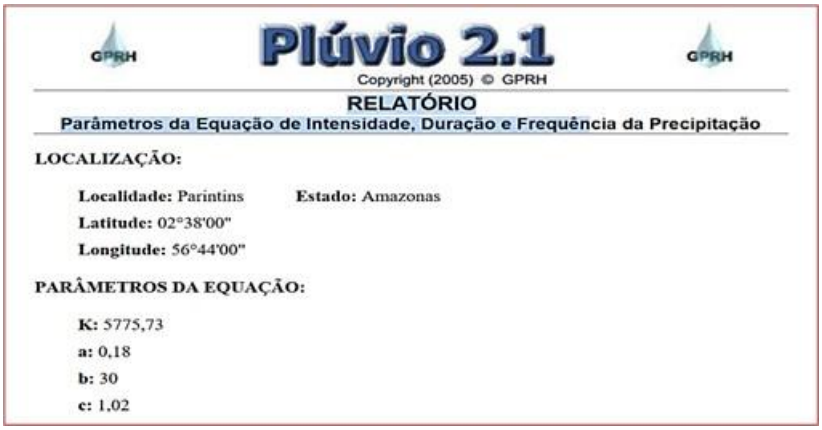
3.2. PARÂMETROS DA EQUAÇÃO DE INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO

O cálculo IDF (Intensidade-Duração-Frequência) é uma abordagem utilizada em engenharia hidrológica para estimar a intensidade da chuva em uma determinada área, levando em consideração a duração da precipitação e a frequência com que ocorre. Essa técnica é fundamental para o dimensionamento de infraestruturas de drenagem, como galerias pluviais, bueiros e sistemas de escoamento, bem como para a previsão de inundações e o planejamento urbano.

O software Plúvio, disponibilizado na versão 2.1, possibilita a obtenção dos parâmetros de chuvas intensas para qualquer localidade dos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Tocantins, e para os demais estados do Brasil, apenas para as localidades onde já existem estudos dos parâmetros de chuva.

O relatório do Plúvio fornece informações cruciais sobre os parâmetros da equação de intensidade, duração e frequência da precipitação para a localidade de Parintins, no estado do Amazonas. A localização geográfica é especificada com precisão, destacando a latitude e longitude da região (02°38 '00 " de latitude e 56°44' 00" de longitude), o que é fundamental para compreender o contexto climático da área. Ao fornecer esses detalhes, o relatório permite uma análise mais precisa das características climáticas específicas da região, o que é essencial para uma variedade de aplicações, desde planejamento urbano até previsão de riscos naturais.

Figura 3: Relatório Plúvio 2.1



Fonte: Autores (2024).

Os parâmetros são apresentados de forma clara e concisa, com valores específicos para K, a, b e c. O valor de K, 5775,73, representa a intensidade máxima de precipitação, fornecendo uma medida quantitativa da quantidade máxima de chuva que pode ocorrer em um determinado período de tempo. Os valores de a, b e c, 0,18, 30 e 1,02, respectivamente, são coeficientes que influenciam a forma como a intensidade, duração e frequência da precipitação variam ao longo do tempo.

Esses parâmetros são essenciais para diversos campos, como engenharia civil, agricultura e gestão de recursos hídricos. Eles são utilizados para calcular a intensidade, duração e frequência da precipitação, o que é fundamental para o dimensionamento de

redes de drenagem, planejamento de sistemas de irrigação e manejo sustentável dos recursos hídricos.

Por exemplo, engenheiros que projetam sistemas de drenagem e estruturas hidráulicas precisam desses dados para dimensionar adequadamente seus projetos, garantindo que sejam capazes de lidar com as condições climáticas extremas. Da mesma forma, agricultores podem utilizar essas informações para otimizar o planejamento de suas safras, considerando os padrões de chuva esperados para a região de Parintins.

3.3. BACIA DE CONTRIBUIÇÃO

A bacia de contribuição urbana é uma área de terra limitada pela linha de cumeada, onde toda a água da chuva dentro dos limites urbanos é coletada e direcionada para um único ponto de saída, como bueiros, canais, rios ou reservatórios de detenção. Esta área é crucial para o estudo e gestão da drenagem urbana, pois influencia diretamente os cálculos de escoamento superficial, tempo de concentração e dimensionamento da rede de drenagem. Abaixo segue a bacia de contribuição da área de estudo no Bairro da União. A área de contribuição total é de 7,88 hectares, sendo 6,30 hectares de área pavimentada e 1,58 hectares de área não pavimentada, com um talvegue de 0,41 km. A altitude mais alta da bacia é 55,302 metros e a altitude mais baixa é 49,000 metros. Todas informações da área de bacia são obtidas através de Levantamentos Topográficos.

Figura 4: Bacia de Contribuição definida através da planta levanta, Área de Projeto no Bairro da União

Fonte: Autores (2024).

3.4. TEMPO DE RETORNO

O termo "tempo de retorno na drenagem" refere-se a um conceito estatístico que descreve a frequência com que é esperado que um evento de precipitação de uma determinada intensidade e duração ocorra. Em particular, ele representa a duração média (em anos) entre as ocorrências de chuvas de mesma ou maior intensidade em uma área específica.

O tempo de retorno ajuda a determinar a capacidade necessária das infraestruturas de drenagem, como bueiros, galerias pluviais e reservatórios. Infraestruturas projetadas com base em tempos de retorno específicos evitam transbordamentos e inundações e podem suportar chuvas esperadas.

A escolha da tormenta de projeto para os projetos de obras de drenagem urbana deve ser considerada de acordo com a natureza das obras a projetar. Deve-se levar em consideração os riscos envolvidos quanto à segurança da população e as perdas materiais. A probabilidade de ocorrer, pelo menos, uma tormenta de período de retorno de "T" anos num período de "N" anos de utilização é obtida por uma distribuição binomial é expressa pela Equação 1.

$$R = 1 - (1 - 1/T)^N \qquad \text{Eq. (1)}$$

Onde: R, risco de ocorrência de, ao menos, uma tormenta igual ou superior à de projeto na vida útil da obra; T, período de retorno da tormenta; N, vida útil da obra, em anos.

Quadro 1: Tempos de Retorno recomendados pelo DNIT

Tipo de Obra	Tempo de recorrência – TR (anos)
Drenagem Superficial	5 a 10
Drenagem Profunda	10
Bueiro Tubular	15 (canal)
	25 (orifício)
Bueiro Celular	25 (canal)
	50 (orifício)
Pontilhão	50
Ponte	100

Fonte: Brasil (2006)

A probabilidade de ocorrer, pelo menos, uma tormenta de retorno de 10 anos num período de 20 anos de utilização na área de estudo no Bairro da União é de $R = 1 - (1 - (1/10)^{20}$, resultando em R = 0,88. Logo, o risco de ocorrência de, ao menos, uma tormenta igual ou superior à de projeto na vida útil da obra é de 0,88 em 1 durante o tempo de 10 anos. As dificuldades existentes na escolha do período de retorno levam à escolha de valores aceitos pelo meio técnico. Essa escolha deve ser analisada com maior critério, principalmente nas grandes cidades, onde o grau de impermeabilização e a complexidade do sistema de drenagem são muito grandes, o que agrava as consequências das cheias.

3.5. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração (Tc) é um parâmetro fundamental em hidrologia e engenharia de drenagem, utilizado para estimar a resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica ou área de contribuição a um evento de precipitação.

O tempo de concentração é considerado o período, em minutos, que uma gota de água de chuva cai no ponto mais distante da bacia, demora a chegar até o deságue. De

acordo com a fórmula de *Kirpich* o tempo de concentração da bacia de contribuição da área de estudo no Bairro da União é de 10,02 minutos, fórmula de *Kirpich* representada pela equação 2.

$$TC = 57*(L^3 / H)^{0,385} \qquad \text{Eq. (2)}$$

Onde: L, é o comprimento em km do talvegue, do ponto mais afastado da bacia ao ponto de deságue; H, a diferença de altitude entre o ponto mais alto e o ponto mais baixo da área da bacia.

Para o cálculo do tempo de concentração da área de estudo no Bairro da União, iremos usar a fórmula de Kirpich com as informações de L e H extraídas da bacia de contribuição. $TC = 57*(0,413 / 6,032)^{0,385} = 10,02$. Logo, o tempo em minutos que uma gota de água de chuva cai no ponto mais distante da bacia, demora a chegar até o deságue é de 10,02 minutos.

3.6. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO (RUNOFF)

Coeficiente de escoamento também denominado por deflúvio superficial ou coeficiente de "*runoff*". Variável determinada em função de uma série de fatores, como o tipo do solo, ocupação da bacia, umidade antecedente, intensidade da chuva e outros. Assim, devido às diversas condições e combinações dos fatores citados, apenas parte do volume precipitado sobre a bacia atinge a seção sob a forma de escoamento superficial. Portanto, adotou-se um coeficiente de escoamento superficial de 0,80, conforme cálculo de runoff médio, considerando dados do Quadro 2 como parâmetros.

$$CM = \frac{Ca*Aa + Cb*Ab}{At} \qquad \text{Eq. (3)}$$

Onde: CM, é o coeficiente médio; Ca, o Coeficiente A; Aa, é a Área a; Cb, o coeficiente b; Ab, sendo a área b; e finalmente, At, a Área total da bacia.

Quadro 2: Coeficiente *runoff* para diferentes áreas.

Tipo de Superfície	Coeficiente de Runoff C	Tipo de Superfície	Coeficiente de Runoff C
Pavimento Asfáltico	0,95	Gramado Plano entre 0 a 1% de decl.	0,25
Pavimento Concreto	0,95	Gramado Médio entre 1 a 3% de decl.	0,35
Pavimento de Tijolos	0,85	Gramado Alto entre 3 a 10% de decl.	0,40
Pavimento de Pedras	0,75	Gramado Muito Alto > 10% de decl.	0,45
Telhado Linha de Base	0,95	Vegetação plana, 0 a a 1% de decl.	0,10
Telhado Verde < 10 cm	0,50	Vegetação Média, 0 a a 1% de decl.	0,20
Telhado Verde entre 10 e 20 cm	0,30	Vegetação Alta, 0 a a 1% de decl.	0,25
Telhado Verde entre 20 e 50 cm	0,20	Vegetação Muito Alta, 0 a 1% de decl.	0,30
Telhado Verde > 50 cm	0,10		

Fonte: LEED exiteng buildings (2009)

Para o cálculo do coeficiente médio de *runoff* na área de estudo no Bairro da União, iremos usar as informações da bacia de contribuição e o quadro de áreas de coeficiente de runoff, utilizando a equação 3. A área total da bacia é de 7,88 hectares, sendo dividida em: (Área A) área total de pavimento concreto ou asfalto de 6,30 hectares, que possui o coeficiente de infiltração Ca de 0,95; e (Área B) área total de gramado plano de 1,58 hectares, que possui o coeficiente de infiltração Cb de 0,25. Segue abaixo o cálculo do coeficiente de Runoff do bairro da união (Equação 3).

$$CM = \frac{6{,}30 * 0{,}95 + 1{,}58 * 0{,}25}{7{,}88} = 0{,}80 \qquad \text{Eq. (3)}$$

3.7. INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO

As equações de intensidade, duração e frequência ou simplesmente as equações IDF, também conhecidas como equação de chuva, são usadas para determinar a intensidade máxima de chuva de um determinado local.

Na Área de projeto em questão, foram utilizados os parâmetros de chuva do município de Parintins - AM gerada pela interpolação de dados do software Plúvio 2.1. Os parâmetros da equação para esta localidade de Parintins são k= 5775,73, a= 0,18, b=30 e c=1,02. Estes parâmetros (K, a, b e c) são definidos por uma série histórica de dados de chuvas, de mais ou menos 30 anos. Além disso, alterando a frequência e o tempo de concentração é possível obter uma intensidade diferente de chuva para uma mesma região. A intensidade de precipitação (Im) foi obtida por meio da Equação 4 (Equação de Chuva Intensa).

$$Im = \frac{K \times (TR)}{(tc + b)} \qquad \text{Eq. (4)}$$

Onde: Im, é a intensidade máxima média de precipitação (mm/h); TR é o tempo de retorno (anos); Tc é o tempo de concentração (min); e K, a, b, e c são parâmetros pluviométricos da localidade. Ainda, para o cálculo da intensidade de Precipitação iremos usar os dados obtidos do plúvio 2.1 (k=5775,73, a=018, b=30 e c=1,02) o Tempo de retorno de 10 minutos conforme recomendado pelo Dnit para obras de drenagem profunda e do tempo de concentração de 10,02 minutos calculado para a área de estudo no Bairro da União. Os resultados abaixo são apresentados em mm/h, mm/min e l/s x ha.

$$\text{Im} = \frac{5775{,}73 * 10}{10+30} = 203{,}004 \text{mm/h}$$

$$\text{Im} = \frac{203{,}004}{60} = 3{,}383\ mm/min$$

$$\text{Im} = \frac{203{,}004}{0{,}36} = 563{,}901 \text{ l/s x Ha}$$

3.8. DETERMINAÇÃO DE VAZÃO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Para a estimativa das descargas máximas, adotou-se o método racional por ser o mais empregado para o projeto de drenagem urbana, pois resulta em valores satisfatórios para pequenas bacias hidrográficas. O cálculo das vazões é baseado na equação 5.

$$Q = C \times i \times A. \qquad \text{Eq. (5)}$$

Onde: Q é o pico de vazão em m^3/s; C é o coeficiente de runuoff; i é a intensidade de chuva em $m^3/s{\cdot}ha$; e A é a área drenada em hectares. Para o cálculo da vazão de escoamento superficial, utilizaremos os dados obtidos do cálculo do coeficiente de escoamento (runoff) de 0,80, a intensidade de precipitação de 563,901 l/s·ha e a área total da bacia de contribuição da área de estudo no Bairro da União, que é de 7,88 hectares. Os resultados do cálculo de vazão de escoamento superficial são apresentados em l/s e m^3/s.

Q= 0,80*o*7,88= 3.554,83 L/S

(Vazões em l/s, para m^3/s dividir por 1000)

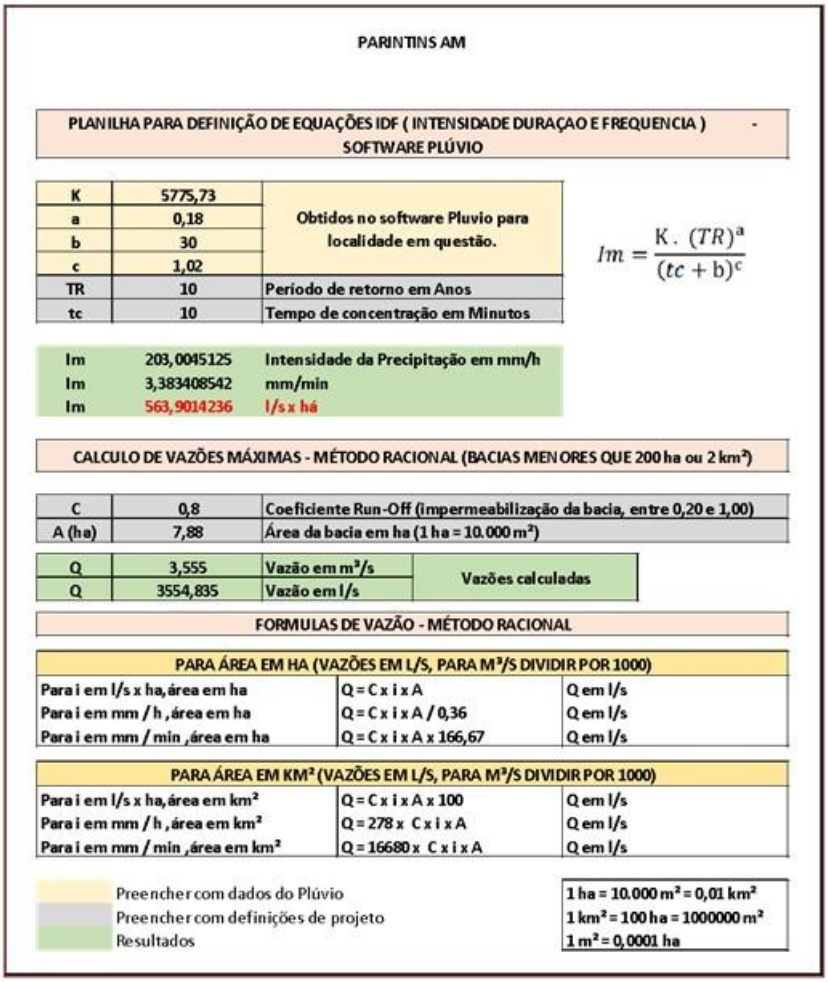
Q= 3,554.83 L/S

Q= 3,55 m^3/s

O método racional traduz a concepção básica de que a máxima vazão, provocada por uma chuva de intensidade uniforme, ocorre quando todas as partes da bacia passam a contribuir para a sessão de drenagem.

O tempo necessário para que isto aconteça, medido a partir do início da chuva, é o que se denomina de tempo de concentração da bacia (tc). As premissas básicas do método racional foram : O pico do deflúvio superficial direto, relativo a um dado ponto de projeto, é função do tempo de concentração respectivo, assim como da intensidade da chuva, cuja duração é suposta como sendo igual ao tempo de concentração em questão; As condições de permeabilidade das superfícies permanecem constantes durante a ocorrência da chuva; O pico do deflúvio superficial direto ocorre quando toda a área de drenagem, a montante do ponto de projeto, passa a contribuir no escoamento.

Figura 5: Planilha de Cálculo de Intensidade de Precipitação e Cálculo de Vazão de escoamento Superficial - Software Plúvio



PARINTINS AM

PLANILHA PARA DEFINIÇÃO DE EQUAÇÕES IDF (INTENSIDADE DURAÇAO E FREQUENCIA) - SOFTWARE PLÚVIO

K	5775,73	Obtidos no software Pluvio para localidade em questão.
a	0,18	
b	30	
c	1,02	
TR	10	Período de retorno em Anos
tc	10	Tempo de concentração em Minutos

$$Im = \frac{K \cdot (TR)^a}{(tc + b)^c}$$

Im	203,0045125	Intensidade da Precipitação em mm/h
Im	3,383408542	mm/min
Im	563,9014236	l/s x há

CALCULO DE VAZÕES MÁXIMAS - MÉTODO RACIONAL (BACIAS MENORES QUE 200 ha ou 2 km²)

C	0,8	Coeficiente Run-Off (impermeabilização da bacia, entre 0,20 e 1,00)
A (ha)	7,88	Área da bacia em ha (1 ha = 10.000 m²)

Q	3,555	Vazão em m³/s	Vazões calculadas
Q	3554,835	Vazão em l/s	

FORMULAS DE VAZÃO - MÉTODO RACIONAL

PARA ÁREA EM HA (VAZÕES EM L/S, PARA M³/S DIVIDIR POR 1000)		
Para i em l/s x ha, área em ha	Q = C x i x A	Q em l/s
Para i em mm / h , área em ha	Q = C x i x A / 0,36	Q em l/s
Para i em mm / min , área em ha	Q = C x i x A x 166,67	Q em l/s

PARA ÁREA EM KM² (VAZÕES EM L/S, PARA M³/S DIVIDIR POR 1000)		
Para i em l/s x ha, área em km²	Q = C x i x A x 100	Q em l/s
Para i em mm / h , área em km²	Q = 278 x C x i x A	Q em l/s
Para i em mm / min , área em km²	Q = 16680 x C x i x A	Q em l/s

Preencher com dados do Plúvio
Preencher com definições de projeto
Resultados

1 ha = 10.000 m² = 0,01 km²
1 km² = 100 ha = 1000000 m²
1 m² = 0,0001 ha

Fonte: Autores (2024)

A localização do Bairro da União em Parintins, AM, demanda uma análise detalhada das condições climáticas locais para garantir a adequada gestão das águas pluviais. A utilização dos Parâmetros do plúvio 2.1, juntamente com os índices pluviométricos fornecidos, oferece uma base sólida para calcular parâmetros essenciais, como tempo de concentração mínimo e período de retorno.

Esses dados foram fundamentais para dimensionamento adequadamente do sistema de drenagem do loteamento, garantindo que este seja capaz de lidar com eventos extremos de precipitação sem causar inundações ou danos à infraestrutura. Ao considerar a intensidade de precipitação (563,901 l/s x ha / 203,0041 mm/h) e o coeficiente de *runoff* (0,80), é possível projetar canais de escoamento e dispositivos de drenagem que maximizem a eficiência e minimizem os riscos para os moradores. Além disso, as características das vias, como largura e inclinação, bem como a presença de sarjetas e guias, desempenham um papel crucial na gestão das águas pluviais e na prevenção de possíveis problemas de inundação.

3.9. CÁLCULO DA VAZÃO DA REDE DE DRENAGEM

Nesta etapa do projeto, para o dimensionamento, verifica-se a vazão para cada trecho entre PVs, por meio do somatório de vazões dos captadores (Exemplo: bocas de lobo contribuintes) e dos ramais de galeria à montante. Os cálculos foram desenvolvidos com utilização da Fórmula de Manning, empregada para o dimensionamento em regime uniforme, usando a equação 6.

$$Q = A \times \frac{1}{N} \times RH^{2/3} \times \sqrt[2]{I} \qquad \text{Eq. (6)}$$

Onde: Q, é a Vazão em m^3/s; A, a área da seção molhada em m^2; n, o coeficiente de rugosidade, 0,015 p/ tubos de concreto; RH, o raio hidráulico da seção da área A/P; e finalmente, I, a declividade do fundo da galeria (m/m).

Essas informações descrevem parâmetros fundamentais para o cálculo da vazão em canais e galerias de escoamento, usando uma abordagem que combina aspectos geométricos e hidráulicos. A vazão (Q) é o volume de fluido que passa por uma seção transversal por unidade de tempo, medido em metros cúbicos por segundo (m^3/s). A área da seção molhada (A) é a área da seção transversal do canal ou galeria que está em contato com o fluido. O coeficiente de rugosidade (n) é um fator que representa a resistência ao escoamento devido à rugosidade das superfícies internas do canal ou galeria. Para tubos de concreto, um material com superfície relativamente lisa, o (n) é geralmente assumido como 0,015, indicando baixa resistência ao escoamento. O raio hidráulico (RH) é uma medida da eficiência da seção transversal em conduzir o fluxo, definido como a razão entre a área da seção molhada e o perímetro molhado (P), que é o comprimento da linha de contato entre o fluido e a superfície do canal.

A declividade do fundo da galeria (I) é a inclinação longitudinal da galeria, expressa como a razão entre a diferença de elevação e a distância horizontal ao longo do canal. Esse parâmetro influencia diretamente a energia disponível para o escoamento do fluido, onde uma maior declividade geralmente resulta em uma maior velocidade de escoamento. A combinação desses parâmetros é frequentemente utilizada em fórmulas empíricas, como a fórmula de Manning, para calcular a vazão em canais abertos. A fórmula de Manning, por exemplo, relaciona a vazão com a área da seção molhada, o raio hidráulico, a declividade e o coeficiente de rugosidade. Assim, a compreensão e a correta determinação desses parâmetros são essenciais para projetar e analisar sistemas de drenagem e canais de escoamento, garantindo eficiência hidráulica e a integridade estrutural das obras de engenharia hidráulica.

3.10. CÁLCULO DO DIÂMETRO DA REDE DE DRENAGEM

Nesta fase do projeto, realiza-se a verificação do diâmetro para cada trecho entre os poços de visita (PVs). O dimensionamento dos diâmetros das tubulações será efetuado conforme a fórmula de Manning, utilizando as relações geométricas estabelecidas por Metcalf & Eddy (1987). Desse modo, os cálculos são desenvolvidos com base na fórmula de Manning, que é aplicada para o dimensionamento de escoamento em regime uniforme, é a especificada pela Equação 7.

$$d = 1{,}511 \cdot (n \cdot Q \cdot I^{-1/2})^{3/8} \qquad \text{Eq. (7)}$$

Onde: D, é diâmetro, Q, a vazão em m^3/s; n, o coeficiente de rugosidade (0,015 para tubo de concreto), e I, a declividade do fundo da galeria (m/m). Após dimensionar o diâmetro da rede de drenagem, é essencial garantir que a profundidade da água (Hw) não ultrapasse 80% do diâmetro do tubo (d). Esse critério de desempenho hidráulico e segurança é amplamente adotado para assegurar que o sistema de drenagem funcione eficientemente sob condições normais de fluxo e esteja preparado para acomodar fluxos adicionais durante chuvas intensas. Operar a 80% do diâmetro maximiza a eficiência hidráulica ao minimizar turbulências e perdas de carga, resultando em um escoamento mais uniforme e previsível. Além disso, essa margem de segurança permite que a rede acomode picos de fluxo sem transbordar, essencial para evitar inundações temporárias.

Manter a profundidade da água a 80% do diâmetro reduz o risco de entupimentos, garantindo espaço suficiente para a passagem de detritos e sedimentos sem obstruir o fluxo. Esse critério evita a sobrecarga dos componentes da rede, preservando a integridade estrutural dos tubos e minimizando o risco de falhas. Além disso, facilita a inspeção e manutenção, permitindo acesso mais fácil para limpeza e reparos. Adotar esse limite de operação torna a rede mais resiliente às variações climáticas e aos eventos extremos de precipitação, que podem se tornar mais frequentes devido às mudanças climáticas.

3.11.CÁLCULO DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO NA REDE DE DRENAGEM

A velocidade do escoamento é um parâmetro fundamental na definição da galeria a ser projetada ou verificada hidraulicamente. Se, em função da declividade do conduto e de suas dimensões o fluxo na galeria apresentar velocidades baixas, poderá ocorrer assoreamento ao longo de sua extensão. Porém, se a declividade for acentuada e a velocidade ultrapassar o limite máximo recomendado é necessário à adequação da declividade ou o redimensionamento do conduto, de forma a evitar a ocorrência de fenômenos erosivos no interior da galeria, mantendo o tempo de vida útil de seus dispositivos. A fórmula de Manning para calcular a velocidade do escoamento da rede de drenagem é expressa como a velocidade pode ser calculada por meio da equação 6.

Os limites de velocidade d'água no interior das galerias deve estar entre os valores de segurança, que são os seguintes: Vmin = 0,75 m/s (considerando que velocidades menores dificultariam a auto limpeza das tubulações) e Vmax = 5,00 m/s (considerando que velocidades superiores exporiam demais as tubulações ao processo de abrasão).

3.12. CAPACIDADE MÁXIMA DA GALERIA

Para a obtenção do valor máximo suportado pela via e para o dimensionamento das galerias é empregada a equação da continuidade. Assim, a vazão máxima à seção plena nos condutos foi obtida por meio de Q = v x A. Onde: Q: Vazão (m^3/s); V: Velocidade de escoamento (m/s); A: Área da seção molhada (m^2). Portanto, como critério de dimensionamento, a capacidade máxima da galeria deve ser superior à vazão que se deseja transportar.

3.13. MEMÓRIA DE CÁLCULO DA DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

O documento apresenta a memória de cálculo da drenagem de águas pluviais para o Bairro da União, em Parintins, AM. Esse tipo de documento é fundamental em projetos de engenharia civil, pois fornece detalhes técnicos sobre o dimensionamento e a análise de sistemas de drenagem, visando mitigar os impactos das chuvas e garantir a segurança das estruturas e comunidades locais.

Esta planilha de cálculo de rede de drenagem é uma ferramenta estruturada em formato de planilha eletrônica que auxilia no dimensionamento, análise e planejamento de sistemas de drenagem. Essa planilha inclui as fórmulas do dimensionamento de rede que automatizam os cálculos necessários, permitindo uma avaliação eficiente e precisa dos parâmetros envolvidos na rede de drenagem.

Figura 8: Memória de Cálculo da Drenagem de Águas Pluviais

MEMÓRIA DE CÁLCULO DA DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

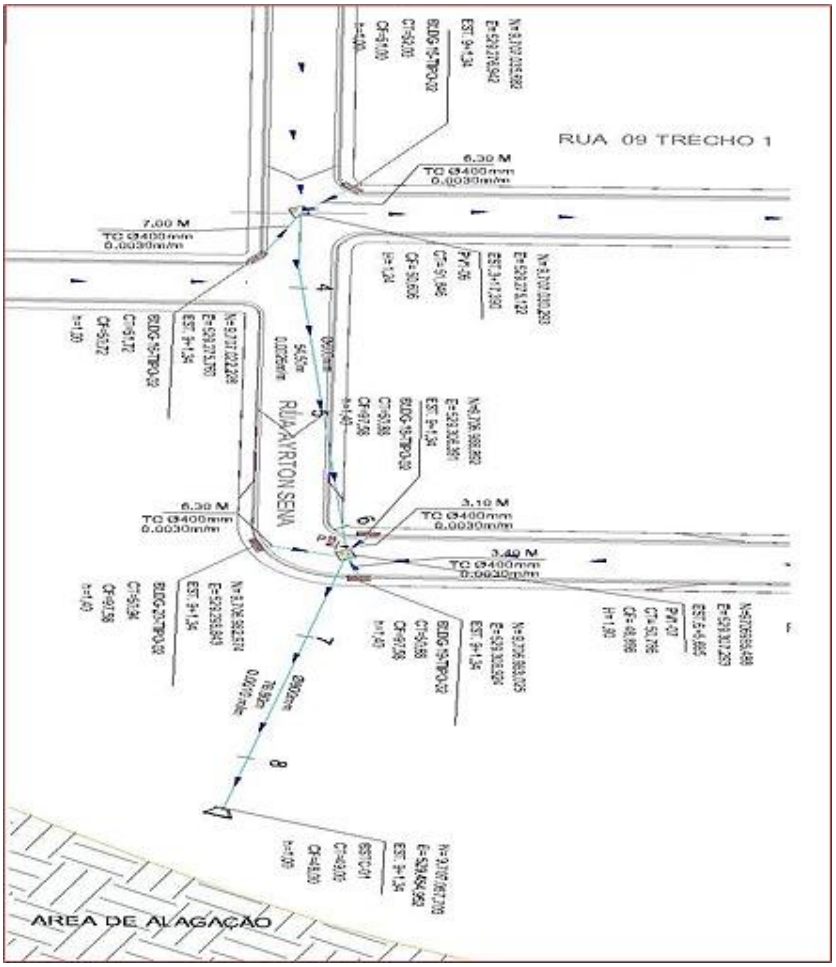
LOCAL OBRA:		BAIRRO DA UNIÃO - PARINTINS / AM				REV.	0	DATA	04/05/2024						
LOCAL EQUAÇÃO IDF:		PARINTINS AM			N MANNING		0,015	PERÍODO DE RETORNO		10	ANOS	condição 1	condição 2		
TRECHO		COEF. C	tc	I	ÁREA (ha)		VAZÃO	COMPR.	SEÇÃO	DECLIV.	HW	HW/D	Veloc. (m/s)	(hw/D <=0,80)	v limite (digite)
MONTANTE	JUSANTE		(min.)	(l/s x ha)	PARCIAL	ACUMUL.	m³/s	(m)	∅ (m)	(m/m)					5,00
PV06	PV07	0,80	10,00	563,901		1,330	0,600	54,50	0,60	0,026	0,372	0,62	3,29	OK	OK
PV07	DESAGUE	0,80	10,00	563,901	0,580	1,910	0,862	76,80	0,80	0,010	0,520	0,65	2,51	OK	OK
			10,00	563,901											
PV01	PV02	0,80	10,00	563,901		1,160	0,523	16,00	0,80	0,010	0,376	0,47	2,22	OK	OK
PV02	PV03	0,80	10,00	563,901	1,320	2,480	1,119	56,33	1,00	0,010	0,520	0,52	2,69	OK	OK
PV03	PV04	0,80	10,00	563,901	2,140	4,620	2,084	46,00	1,20	0,010	0,684	0,57	3,15	OK	OK
PV04	PV05	0,80	10,00	563,901	0,700	5,320	2,400	43,64	1,20	0,010	0,744	0,62	3,24	OK	OK
PV05	DESAGUE	0,80	10,00	563,901	0,650	5,970	2,693	79,75	1,20	0,010	0,804	0,67	3,31	OK	OK

Fonte: Autores (2024).

3.14. PLANTA BAIXA DA REDE DE DRENAGEM PLUVIAL

A planta baixa da rede de drenagem pluvial, como resultado de todo cálculo de rede de drenagem, é uma representação visual detalhada do sistema de drenagem projetado para uma determinada área. Ela reflete os resultados dos cálculos hidrológicos e hidráulicos realizados durante o processo de projeto, e é essencial para a implementação eficaz e eficiente do sistema de drenagem. Abaixo segue a Planta baixa da Rede de Drenagem do Bairro da União, esta planta contém o resultado de todo Dimensionamento em forma de Gráfico

Figura 9: Planta baixa da Rede de Drenagem

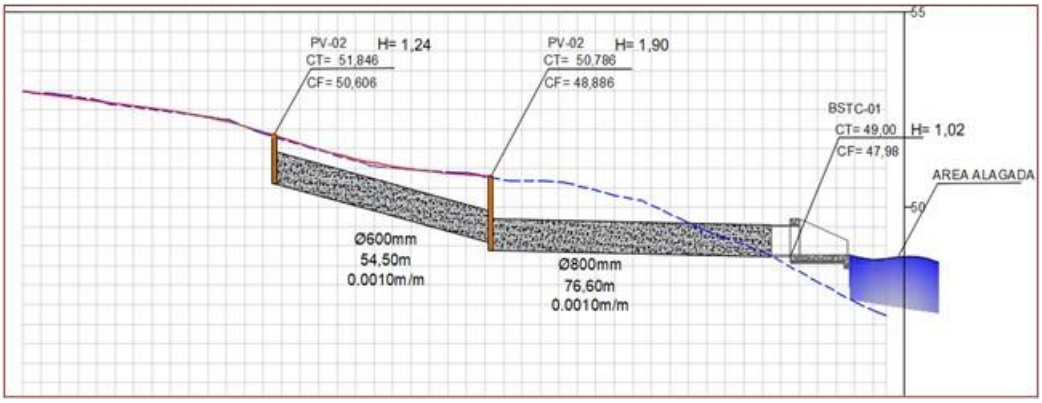


Fonte: Autores (2024)

3.15. PLANTA PERFIL LONGITUDINAL DA REDE DE DRENAGEM PLUVIAL

Uma planta de perfil longitudinal da rede de drenagem é um tipo específico de documento técnico utilizado em engenharia civil e hidrologia para representar graficamente a variação do terreno e a disposição das estruturas de drenagem ao longo de uma linha de perfil em uma área específica. Essa representação é feita ao longo de um eixo vertical, fornecendo uma visualização detalhada das características do terreno e das estruturas de drenagem em uma seção transversal específica. Abaixo segue a planta de Perfil Longitudinal da rede de Drenagem, esta planta contém em “Corte” o resultado do Dimensionamento da Rede de Drenagem em forma de Gráfico:

Figura 10: Planta baixa da Rede de Drenagem



Fonte: Autores (2024)

3.16. PLANILHA DE QUANTITATIVO

O quantitativo de rede de drenagem é uma avaliação detalhada e sistemática das quantidades de materiais e componentes necessários para construir e implementar um sistema de drenagem eficiente em uma determinada área. Essa análise é uma parte fundamental do processo de planejamento e projeto de sistemas de drenagem e é realizada para garantir que todos os materiais e recursos necessários sejam adequadamente previstos e alocados. A seguir, segue a planilha de quantitativo de material necessário para que a execução do projeto seja de acordo com o dimensionamento projetado no bairro da União. Estas informações são extraídas da planta baixa da rede de drenagem.

Figura 11: Planilha de Quantitativos

QUADRO DE QUANTITATIVOS - REDE DRENAGEM PROFUNDA				
	DISPOSITIVOS	SIGLA DNIT	UNIDADE	QUANTIDADE
RUA GONÇALVES MAIA - BAIRRO UNIÃO				
1	BOCA DE LOBO COMBINADA - CHAPÉU E GRELHA SIMPLES	BLC-01	und	14,00
2	BUEIRO SIMPLES TUBULAR DE CONCRETO Ø 1,20m - BOCA NORMAL	BSTC	und	1,00
3	POÇO DE VISITA - 0,80	PVI03	und	2,00
4	POÇO DE VISITA - 1,00	PVI04	und	2,00
5	POÇO DE VISITA - 1,20	PVI05	und	1,00
6	TUBO DE CONCRETO ARMADO - Ø 0,40m CA-2 - CORPO	BSTC	und	78,30
7	TUBO DE CONCRETO ARMADO - Ø 0,80m CA-3 - CORPO	BSTC	und	72,39
8	TUBO DE CONCRETO ARMADO - Ø 1,00m CA-3 - CORPO	BSTC	und	86,00
9	TUBO DE CONCRETO ARMADO - Ø 1,20m CA-3 - CORPO	BSTC	und	81,00
RUA AYRTON SENNA - BAIRRO UNIÃO				
1	BOCA DE LOBO COMBINADA - CHAPÉU E GRELHA SIMPLES	BLC-01	und	5,00
2	BUEIRO SIMPLES TUBULAR DE CONCRETO Ø 0,80m - BOCA NORMAL	BSTC	und	1,00
3	POÇO DE VISITA - Ø0,60	PVI02	und	1,00
4	POÇO DE VISITA - Ø0,80	PVI03	und	1,00
5	TUBO DE CONCRETO ARMADO - Ø 0,40m CA-2 - CORPO	BSTC	und	31,00
6	TUBO DE CONCRETO ARMADO - Ø 0,60m CA-3 - CORPO	BSTC	und	54,00
7	TUBO DE CONCRETO ARMADO - Ø 0,80m CA-3 - CORPO	BSTC	und	76,00

Fonte: Autores (2024).

Os trechos de drenagem são identificados por meio de pontos de vertente (PV) e pontos de deságue, com dados como comprimento do trecho, seção do canal, declividade, altura da lâmina d'água (HW), velocidade, entre outros. A análise detalhada de cada trecho permite verificar se as condições hidráulicas estão adequadas para o escoamento das águas pluviais, garantindo que não ocorram extravasamentos ou alagamentos durante eventos de chuva intensa.

Além disso, são realizados cálculos para verificar se os parâmetros adotados estão dentro dos limites de segurança estabelecidos pelas normas técnicas. Isso inclui verificar se a velocidade de escoamento da água está dentro de limites aceitáveis para evitar erosão no leito do canal, se a altura da lâmina d'água está dentro dos parâmetros de capacidade do sistema de drenagem, entre outros.

A identificação das condições de operação dos trechos de drenagem, como se estão OK ou se necessitam de ajustes, é fundamental para garantir a eficácia do sistema de drenagem como um todo. Afinal, um sistema de drenagem eficiente é essencial para prevenir inundações, proteger infraestruturas e garantir a segurança das comunidades locais.

Portanto, a memória de cálculo da drenagem de águas pluviais é um documento técnico essencial em projetos de engenharia civil, fornecendo uma base sólida para o dimensionamento e a análise de sistemas de drenagem, visando garantir a segurança e a eficácia das estruturas em condições de chuva intensa. A análise detalhada dos dados técnicos e a verificação das condições de operação dos trechos de drenagem são etapas fundamentais para garantir a qualidade e a segurança dos projetos de engenharia civil.

É importante ressaltar que o deságue das águas pluviais deve ocorrer no curso d'água indicado, garantindo que não haja impactos negativos no meio ambiente local. Ao direcionar as águas pluviais para um curso d'água designado, é possível minimizar o risco de enchentes e preservar a qualidade da água na região. Além disso, a ausência de um reservatório de retardo no projeto indica que o sistema de drenagem foi dimensionado de forma a lidar eficientemente com as chuvas sem a necessidade de armazenar temporariamente grandes volumes de água. Isso contribui para a sustentabilidade do projeto, reduzindo a necessidade de infraestruturas adicionais e minimizando os custos de manutenção a longo prazo.

No entanto, é importante destacar que, embora as especificações técnicas fornecidas sejam fundamentais para o planejamento do sistema de drenagem, também é necessário considerar outros aspectos do projeto, como a topografia do terreno, a densidade populacional e o uso do solo. A topografia do terreno influencia diretamente no escoamento das águas pluviais, sendo necessário realizar estudos detalhados para identificar áreas de maior risco de inundação e planejar adequadamente as medidas de controle. Da mesma forma, a densidade populacional e o uso do solo impactam na quantidade de água pluvial gerada e na demanda por infraestrutura de drenagem, sendo essencial integrar esses aspectos ao projeto desde as fases iniciais de planejamento.

Além disso, é importante considerar medidas de gestão sustentável das águas pluviais, como a implementação de sistemas de drenagem sustentável (SDS). Esses sistemas, como telhados verdes, pavimentos permeáveis e áreas de infiltração, ajudam a reduzir o escoamento superficial, promovendo a recarga de aquíferos e minimizando o impacto das chuvas no ambiente urbano. Integrar essas soluções ao projeto do loteamento residencial não apenas contribui para a sustentabilidade ambiental, mas

também pode gerar benefícios adicionais, como a melhoria da qualidade da água e a criação de espaços verdes que promovem o bem-estar da comunidade.

Além disso, medidas de educação e conscientização da comunidade são essenciais para garantir a eficácia do sistema de drenagem e prevenir problemas de inundação. A população local deve ser informada sobre a importância de evitar o descarte inadequado de resíduos sólidos e a obstrução de canais de drenagem, bem como sobre as medidas que podem adotar em suas próprias propriedades para reduzir o impacto das chuvas. Promover a participação ativa da comunidade no cuidado com o sistema de drenagem não apenas aumenta a eficiência do projeto, mas também fortalece os laços sociais e o senso de responsabilidade coletiva.

Em suma, o desenvolvimento de um Sistema de Drenagem no Bairro da União em Parintins, AM, requer uma abordagem integrada que leve em consideração não apenas as especificações técnicas para o sistema de drenagem, mas também outros aspectos do projeto, como topografia, densidade populacional e uso do solo. Ao utilizar a equação do pluvio e os índices pluviométricos fornecidos, é possível dimensionar adequadamente o sistema de drenagem e garantir a segurança e o bem-estar dos moradores. Além disso, a integração de medidas de gestão sustentável das águas pluviais e a promoção da conscientização da comunidade são essenciais para garantir a eficácia do sistema de drenagem a longo prazo.

A fim de garantir a eficácia do sistema de drenagem, é crucial o acompanhamento e a fiscalização da obra, como apresentado nas Figuras 12a e 12b, para assegurar que o empreiteiro esteja seguindo o projeto, garantindo que o sistema funcione conforme projetado, prevenindo alagamentos e inundações. Isso assegura a segurança dos moradores e a integridade das infraestruturas, evitando deslizamentos, erosão e danos estruturais. Seguir o projeto rigorosamente aumenta a durabilidade do sistema e reduz a necessidade de manutenções futuras. Além disso, a fiscalização evita custos adicionais decorrentes de erros, garante conformidade com regulamentos legais, maximiza a eficiência operacional, minimiza impactos ambientais negativos e proporciona transparência.

Figura 12: a) Início para a Drenagem; b) Execução das drenagens; c) Execução das drenagens

(a) (b)

(c)

Fonte: Secretaria de Obras de Parintins

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da infraestrutura de drenagem no Bairro da União evidencia a urgência de investimentos substanciais em obras de drenagem urbana. A ausência de um sistema adequado tem resultado em frequentes alagamentos, causando sérios transtornos aos moradores e comprometendo a infraestrutura local. Durante períodos de chuvas intensas, as ruas se transformam em rios, dificultando a mobilidade e aumentando o risco de acidentes. Este cenário destaca a necessidade de um planejamento urbano eficiente, que considere a construção de galerias pluviais, bueiros e sistemas de escoamento capazes de lidar com o volume de precipitação característico da região. O investimento em infraestrutura de drenagem não só melhoraria a qualidade de vida dos habitantes, mas também impulsionaria o desenvolvimento econômico, atraindo novos investimentos para a área.

A degradação da infraestrutura urbana no Bairro da União é um problema multifacetado que afeta diretamente a integridade das construções, a segurança do tráfego e a saúde pública. As inundações constantes deterioram rapidamente o pavimento das ruas e calçadas, criando buracos e rachaduras que representam perigo para motoristas e pedestres. Além disso, os sistemas de eletricidade e saneamento são frequentemente danificados, com bueiros e galerias pluviais transbordando e espalhando lixo e dejetos nas áreas afetadas. Essa situação não apenas compromete a qualidade de vida dos moradores, mas também acarreta altos custos de manutenção e reparo para o município, perpetuando um ciclo de degradação que dificulta a atração de novos investimentos.

A saúde pública é outra área gravemente afetada pela falta de um sistema de drenagem adequado. As águas estagnadas provenientes dos alagamentos se tornam criadouros ideais para mosquitos transmissores de doenças como dengue, zika e chikungunya. A mistura de água da chuva com esgoto e resíduos sólidos aumenta o risco de contaminação por agentes patogênicos, podendo provocar surtos de doenças gastrointestinais e infecciosas. Este cenário pressiona o sistema de saúde local, que já enfrenta desafios significativos, e gera um impacto socioeconômico negativo, pois muitas famílias precisam arcar com custos de tratamentos e medicamentos, além de enfrentarem a perda de dias de trabalho e escola.

O cálculo da equação de intensidade, duração e frequência (IDF) da precipitação é fundamental para o dimensionamento adequado das infraestruturas de drenagem no Bairro da União. A utilização do software Plúvio 2.1 para obter os parâmetros específicos da localidade de Parintins no Amazonas possibilitou uma análise precisa das características climáticas da região. Os valores específicos para K, a, b e c, obtidos a partir do relatório Plúvio, são essenciais para projetar sistemas de drenagem eficientes que possam lidar com as condições extremas de precipitação. Essa abordagem técnica é crucial para garantir que os projetos de drenagem urbana sejam robustos e capazes de mitigar os impactos negativos das chuvas intensas.

O tempo de retorno e o tempo de concentração são parâmetros críticos na concepção de infraestruturas de drenagem. No contexto do Bairro da União, a escolha do tempo de retorno apropriado deve levar em consideração os riscos à segurança da população e as perdas materiais potenciais. O cálculo do tempo de concentração utilizando a fórmula de Kirpich permitiu determinar um tempo de 10,02 minutos, essencial para dimensionar adequadamente os sistemas de escoamento. Garantir que os sistemas de drenagem possam acomodar eventos de precipitação com uma probabilidade de ocorrência definida é vital para minimizar os riscos de inundações e seus impactos negativos.

Por fim, o dimensionamento dos componentes da rede de drenagem, como diâmetros das tubulações e coeficientes de escoamento, é essencial para garantir a eficiência e a longevidade do sistema. O uso da fórmula de Manning para o Dimensionamento da Rede de Drenagem e a consideração do coeficiente de rugosidade conforme o material empregado no dispositivo são etapas fundamentais neste processo. Manter a profundidade da água em 80% do diâmetro do tubo é um critério de desempenho que maximiza a eficiência hidráulica e minimiza o risco de entupimentos. Esse cuidado técnico assegura que o sistema de drenagem funcione eficientemente sob condições normais e esteja preparado para enfrentar fluxos adicionais durante chuvas intensas, contribuindo para a resiliência da infraestrutura urbana do Bairro da União.

REFERÊNCIAS

[1] ANDRADE, F. **Tecnologias emergentes na gestão de águas pluviais**. Recife: Editora Tecnologia e Meio Ambiente, 2022.

[2] BARBOSA, A. **Gestão integrada de recursos hídricos e drenagem urbana**. Curitiba: Editora UFPR, 2017.

[3] COSTA, A. **Metodologia para análise de viabilidade de projetos de engenharia civil**. São Paulo: Editora Técnica, 2019.

[4] BORGES, A. T. F. **Desenvolvimento espacial e gestão da água: as intervenções de drenagem urbana no Córrego 1° de maio em Belo Horizonte e no Rio Paciência em São Luís a partir da**

percepção dos moradores. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Socioespacial e Regional, 2020.

[5] COSTA, A. L. M. F. **Relação entre drenagem urbana e indicadores sociais e econômicos dos estados brasileiros**. 2022. 49 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

[6] GOMES, E. J. S.; DE SALES, C. B.; DOS SANTOS L. A. **Eventos climáticos extremos associados a inundações urbanas: o caso do município de Touros/RN Brasil.** Revista Equador, v. 9, n. 2, p. 235-250, 2020.

[7] LIMA, R. **Drenagem urbana sustentável**: princípios e práticas. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2020.

[8] LIMA, R. **Metodologia para projeto de sistemas de drenagem urbana**. Rio de Janeiro: Editora Científica, 2016.

[9] MENDES, A. **Economia e infraestrutura urbana: Desafios e soluções**. Belo Horizonte: Editora Urbanismo, 2018.

[10] MOREIRA, J. C. D.; DE LACERDA, J. F.; VITURINO, L. V. B.; DIAS, S. L. **Drenagem urbana e os desafios da infraestrutura de vias nas cidades**. RECIEC - Revista Científica de Engenharia Civil, p. 1-17, 2022.

[11] OLIVEIRA, F. **Metodologia de diagnóstico de sistemas de drenagem urbana**. São Paulo: Editora Engenharia, 2017.

[12] OLIVEIRA, J. et al. Adaptação da drenagem urbana às mudanças climáticas: desafios e oportunidades. **Revista de Engenharia Civil**, v. 25, n. 2, p. 150-165, 2021.

[13] OLIVEIRA, T. **Educação ambiental e participação comunitária na gestão hídrica**. Brasília: Editora Socioambiental, 2019.

[14] PEREIRA, M. **Impactos ambientais da drenagem urbana inadequada**. Curitiba: Editora Eco Sustentável, 2021.

[15] SALVADOR, I. R. A **infraestrutura verde como ferramenta sustentável para a drenagem urbana.** Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Faculdade Pitágoras, 2021.

[16] SANTOS, M. Manutenção de sistemas de drenagem urbana: desafios e soluções. **Revista Brasileira de Engenharia Civil**, v. 20, n. 3, p. 198-210, 2019.

[17] SANTOS, M. **Revisão bibliográfica em engenharia civil**: conceitos e procedimentos. Rio de Janeiro: Editora Científica, 2015.

[18] SILVA, C. **Planejamento e gestão de drenagem urbana**. São Paulo: Editora Elsevier, 2019.

[19] SILVA, J. **Elaboração de relatórios técnicos em engenharia civil**. São Paulo: Editora Técnica, 2018.

[20] SILVA, R. **Gestão de drenagem urbana sustentável**. São Paulo: Editora Ciência e Meio Ambiente, 2020.

[21] SILVA, T.V. S. **Sistemas de drenagem urbana de águas pluviais: um estudo de caso na cidade de Bacabal/MA**. Universidade Federal do Maranhão, 2023.

[22] SOUSA, F. et al. Impactos da impermeabilização do solo na drenagem urbana: estudo de caso em área urbana consolidada. **Revista de Engenharia Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 110-125, 2018.

[23] SOUZA, L. **Técnicas sustentáveis para drenagem urbana**. Rio de Janeiro: Editora Engenharia Ambiental, 2019.

[24] SOUZA, P. **Coleta e análise de dados hidrológicos para projetos de drenagem urbana**. São Paulo: Editora Engenharia, 2018.

Capítulo 20

Viabilidade de construção de uma casa ecológica na cidade de Parintins/AM

Ronald Azedo Hatta
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: Este estudo investiga a viabilidade de construção de uma casa ecológica na cidade de Parintins/AM situada a 369 km de Manaus. O foco está na adoção de materiais como tijolos ecológicos de solo cimento e produtos reciclados, visando não apenas reduzir o impacto ambiental, mas também promover eficiência energética e econômica. A pesquisa faz uma análise de alguns teóricos ampliando o leque de construção da pesquisa. Este estudo visa fornecer insights para profissionais do setor e formuladores de políticas interessados em promover um ambiente construído mais sustentável e resiliente, alinhado aos princípios globais de desenvolvimento sustentável e às necessidades específicas da região amazônica.

Palavras-chave: Casa ecológica, Sustentabilidade, Viabilidade, Orçamento.

1. INTRODUÇÃO

A busca por práticas construtivas mais sustentáveis tem se intensificado globalmente, impulsionada pela necessidade de reduzir o impacto ambiental das atividades humanas, especialmente no setor da construção civil. Este estudo se concentra na cidade de Parintins, situada a 369 km de Manaus, onde se investiga a viabilidade econômica de adoção de materiais sustentáveis na construção residencial. Entre os materiais analisados estão os tijolos ecológicos de solo cimento e produtos reciclados, como parte de uma abordagem que visa não apenas minimizar o impacto ambiental, mas também promover eficiência energética e econômica.

A pesquisa se fundamenta em teorias que destacam a importância da seleção criteriosa de materiais na construção sustentável. Em Coelho (2023) sublinham a necessidade de certificação e conformidade com normas ambientais para garantir a qualidade e sustentabilidade dos materiais utilizados. Essa preocupação se reflete no projeto de uma casa unifamiliar apresentada, que integra soluções inovadoras como a utilização de madeira certificada de reflorestamento, sistemas de captação de água da chuva, dispositivos economizadores de água e painéis solares fotovoltaicos.

De acordo com RIBEIRO e SIGOLI (2023), a bioconstrução representa uma mudança significativa no paradigma da construção civil, priorizando a sustentabilidade e o respeito ao meio ambiente. É essencial que os profissionais estejam conscientes dessa abordagem e incorporem tecnologias ecológicas em seus projetos para promover um desenvolvimento mais responsável e sustentável.

Além disso, a discussão sobre arquitetura sustentável, como destacado por Nascimento (2019), amplia o conceito de construção bioclimática para incluir estratégias que minimizem o consumo de energia e recursos naturais ao longo do ciclo de vida do edifício. Essa abordagem holística não só visa reduzir a pegada ambiental, mas também proporcionar benefícios sociais e econômicos duradouros para os habitantes e comunidades onde essas construções são implementadas.

Neste contexto, o presente estudo busca contribuir com informações embasadas que orientem práticas construtivas mais responsáveis e eficientes, alinhadas às particularidades da região amazônica e aos princípios globais de desenvolvimento sustentável. Ao explorar o diálogo entre teoria e prática na implementação de casas ecológicas, pretende-se oferecer insights valiosos para profissionais do setor e formuladores de políticas interessados na promoção de um ambiente construído mais sustentável e resiliente.

A pesquisa realizada na cidade de Parintins, localizada a cerca de 369 km da capital Manaus, foca na avaliação da viabilidade econômica de práticas sustentáveis na construção residencial. Um dos principais materiais investigados é o solo cimento, conhecido como tijolo ecológico. Este material alternativo é fabricado pela mistura de solo local com cimento, sendo prensado sem a necessidade de queima em forno, o que não apenas reduz o impacto ambiental, mas também evita a poluição do ar associada à queima de lenha (GÜNTHER, 2020).

A pesquisa também considera o uso de materiais reciclados na construção, como produtos feitos a partir de asfalto e resíduos de minérios obtidos de entulhos e demolições ASBEA (2020). Esses materiais são triturados e combinados de forma a criar uma mistura similar à areia, porém mais densa, adequada para diferentes aplicações na construção sustentável (ASBEA, 2020).

Metodologicamente, o estudo se baseia em uma análise detalhada dos custos envolvidos na adoção de materiais sustentáveis versus materiais convencionais, além de avaliar o desempenho ambiental e energético das soluções propostas. Em Matos (2018) a pesquisa destaca a importância da certificação e da conformidade com normas ambientais para garantir a qualidade e a sustentabilidade dos materiais utilizados na construção.

Ao final, espera-se contribuir com informações fundamentadas que possam orientar práticas construtivas mais responsáveis e eficientes, alinhadas às necessidades específicas da região amazônica e aos princípios de desenvolvimento sustentável, FARIAS, (2018).

Segundo as diretrizes destacadas por Matos e Costa (2018), a escolha dos materiais na construção é crucial para alcançar um projeto arquitetônico sustentável. Isso implica na combinação adequada de métodos construtivos que minimizem o impacto ambiental e promovam a utilização consciente dos recursos naturais.

É fundamental, conforme apontado por Carvalho (2018), que os materiais considerados ecológicos sejam rigorosamente avaliados. É necessário verificar se esses produtos cumprem com as declarações feitas pelos fabricantes e se possuem certificações emitidas por autoridades competentes. Essas certificações garantem que os materiais atendam aos padrões ambientais exigidos, sejam de origem local, recicláveis ou reutilizáveis, livres de substâncias tóxicas e provenientes de fontes naturais renováveis.

Portanto, para a implementação efetiva de uma construção sustentável, é essencial adotar uma abordagem criteriosa na seleção dos materiais, assegurando não apenas a eficiência econômica, mas também o compromisso com a preservação ambiental a longo prazo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

Esta pesquisa foi desenvolvida na cidade de Parintins, cidade que está aproximadamente a 369 km de Manaus, capital do Amazonas. Primeiramente, o estudo de caso busca analisar a viabilidade econômica de uma casa com práticas sustentáveis em comparação com uma residência com materiais convencionais.

2.2. REALIZAR UMA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA E DE MERCADO DAS CASAS ECOLÓGICAS, SELECIONANDO OS POSSÍVEIS MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS.

Para isto, será feito uma pesquisa bibliográfica e de mercado das casas ecológicas levando em consideração os materiais a serem utilizados, a fim de obter uma casa unifamiliar com o objetivo de reduzir os impactos ambientais de recursos tornando o custo da obra mais barato. Essa revisão será realizada baseado em artigos científicos que evidenciam a eficácia de práticas sustentáveis na contribuição do custo-benefício na área da construção civil.

2.3. DESENVOLVER UM PROJETO DE UMA CASA UNIFAMILIAR

Este artigo propõe mostrar os benefícios das casas ecológicas, casas que seguem práticas sustentáveis, usam materiais de reciclagem que trazem grandes benefícios para

o meio ambiente ao mesmo tempo em que causam menor impacto ambiental. Além de reduzir os custos da construção, esse tipo de casa também reduz os custos com a manutenção. No entanto, é importante lembrar que não existe uma casa totalmente ecológica; em vez disso, as casas tradicionais têm menor impacto ambiental.

O projeto será de uma casa unifamiliar térrea de 80 metros quadrados com duas suítes, cozinha, sala de estar, lavabo e cozinha. Com a pesquisa realizada, foi possível desenvolver a residência através do software REVIT, uma planta baixa de uma residência unifamiliar como mostra a figura nº 5. Seguindo um padrão de uma casa unifamiliar com todos os requisitos exigidos pelo código de obras da cidade de Parintins, a residência possui duas suítes, um lavabo, uma sala de estar, uma cozinha, uma lavanderia e uma garagem, numa área construída de 90m^2.

Na próxima etapa, será feito o orçamento da residência com os devidos materiais utilizados para analisar se o custo-benefício para uma casa com práticas sustentáveis é viável para o cliente. Com isso, o estudo de caso busca realizar uma análise comparativa com os materiais de uma casa convencional, trazendo uma perspectiva sobre a viabilidade econômica.

2.4. COMPARAR OS ORÇAMENTOS DAS DUAS OBRAS, MONTANDO A POSSÍVEL VIABILIDADE DA OBRA ECOLÓGICA

De acordo com o valor calculado no orçamento, será possível realizar uma análise comparativa da casa construída com materiais sustentáveis com a casa com material tradicional. Assim como avaliar a viabilidade de construir uma casa sustentável na cidade de Parintins.

3. RESULTADOS

A Pesquisa de mercado das casas ecológicas, selecionando os possíveis materiais a serem utilizados revela uma crescente demanda por materiais ecológicos e sustentáveis na construção civil. Esses materiais são escolhidos com base em critérios que visam minimizar o impacto ambiental ao longo do ciclo de vida das habitações. Entre as opções mais populares estão os tijolos ecológicos, feitos de solo cimento ou materiais reciclados, que eliminam a necessidade de queima de lenha e reduzem significativamente as emissões de carbono.

Além dos tijolos ecológicos, há uma variedade de sistemas de isolamento térmico e acústico desenvolvidos com materiais naturais como fibra de madeira, celulose reciclada ou lã de ovelha, que proporcionam eficiência energética e conforto térmico sem comprometer a sustentabilidade. Para a estrutura das casas, madeiras de reflorestamento certificadas são preferidas, garantindo que a origem do material seja sustentável e de baixo impacto ambiental.

No campo das energias renováveis, sistemas como painéis solares fotovoltaicos e aquecedores solares de água são cada vez mais integrados às casas ecológicas, reduzindo a dependência de fontes de energia não renováveis e contribuindo para a economia de energia a longo prazo.

Este material pode ser feito usando uma variedade de combinações. De acordo com Matos e Costa (2018), há produtos disponíveis no mercado que usam asfalto e sobras de minérios obtidos de entulhos ou demolições. Estes são feitos por meio de um processo

simples de trituração de resíduos de construção ou demolição usando um britador; a mistura é semelhante à areia, mas mais grossa (SIVIRINO, 2021).

A pesquisa também destaca a importância de técnicas de construção que promovam a eficiência no uso de água, como sistemas de captação de água da chuva e dispositivos economizadores de água, que não só beneficiam o meio ambiente, mas também reduzem os custos operacionais das residências.

Segundo o IDHEA (2006), a construção sustentável representa um sistema que visa promover mudanças conscientes no setor da construção civil. Este modelo procura satisfazer as necessidades das edificações e dos habitantes modernos, enquanto cuida do ambiente de forma a garantir qualidade de vida tanto no presente quanto no futuro. Essa abordagem engloba práticas que reduzem o impacto ambiental ao longo do ciclo de vida das construções, incluindo o uso eficiente de recursos naturais, a minimização de resíduos e emissões, e a escolha de materiais e tecnologias que promovam o bem-estar humano e a sustentabilidade ambiental. Dessa forma, a construção sustentável não apenas responde às exigências atuais por eficiência e economia, mas também se compromete com um desenvolvimento urbano e rural que seja ambientalmente responsável e socialmente equitativo.

3.1. PROJETO DE UMA CASA UNIFAMILIAR

As casas ecológicas que seguem práticas sustentáveis, usam materiais de reciclagem que trazem grandes benefícios para o meio ambiente ao mesmo tempo em que causam menor impacto ambiental. Além de reduzir os custos da construção, esse tipo de casa também reduz os custos com a manutenção. No entanto, é importante lembrar que não existe uma casa totalmente ecológica; em vez disso, as casas tradicionais têm menor impacto ambiental.

É importante lembrar que, devido às constantes variações climáticas do nosso planeta, os humanos têm procurado soluções construtivas amigas com o meio ambiente com o objetivo de minimizar os efeitos que o uso irracional dos recursos naturais causa. Estas variações climáticas podem ser observadas continuamente por meio dos meios de comunicação, como por exemplo: chuvas torrenciais, períodos prolongados de estiagem, ilhas de calor e aumento das emissões de gases do efeito estufa. Nos últimos anos, os cientistas têm alertado sobre os danos causados pela má utilização dos recursos do planeta, que são essenciais para a vida humana, como a água e o ar.

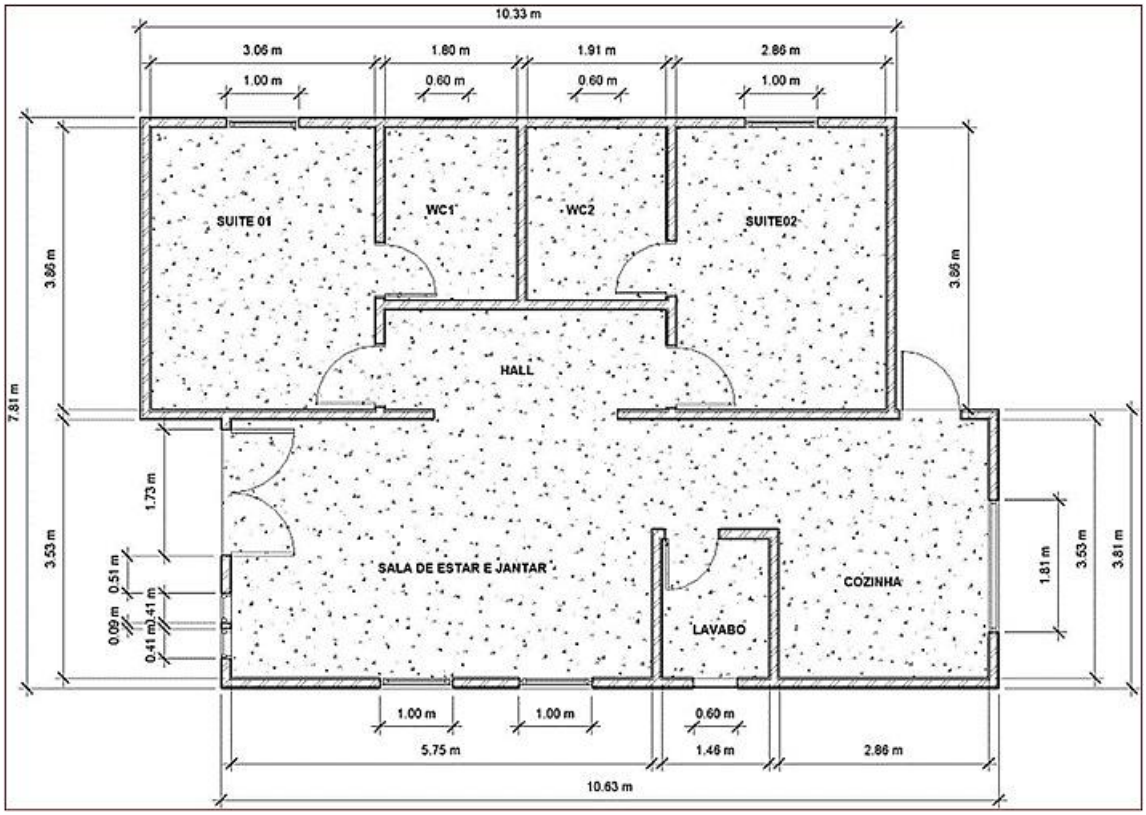
Segundo Ribeiro (2023), podem ser divididas em dois tipos distintos. O primeiro modelo é composto por construções coordenadas por profissionais da área, que empregam eco-materiais e tecnologias sustentáveis modernas. Essas construções são fabricadas em escala e seguem normas e padrões específicos, garantindo a conformidade com os critérios de sustentabilidade e eficiência.

O segundo modelo é caracterizado pelos sistemas de autoconstrução, que podem seguir diversas linhas e diretrizes. Essas construções podem ou não ser supervisionadas por profissionais e frequentemente refletem a criatividade e a vontade pessoal do proprietário e responsável pela obra. No sistema de autoconstrução, são utilizadas soluções ecológicas pontuais, adaptadas às necessidades e possibilidades individuais, o que permite uma abordagem mais personalizada e flexível na implementação de práticas sustentáveis. Ambos os modelos buscam reduzir o impacto ambiental das construções, mas diferem na forma de execução e na escala de aplicação das tecnologias sustentáveis.

Enquanto as construções coordenadas por profissionais tendem a seguir uma abordagem mais padronizada e regulamentada, os sistemas de autoconstrução oferecem maior liberdade e inovação nas soluções ecológicas adotadas.

A Figura 1 destaca a planta baixa de uma casa unifamiliar projetada para ser ecológica, utilizando materiais sustentáveis que minimizem o impacto ambiental. Este projeto integra soluções inovadoras e ecológicas em cada detalhe da construção, começando pela escolha dos materiais. Os tijolos ecológicos, feitos de solo e cimento sem a necessidade de queima, compõem as paredes, garantindo resistência e sustentabilidade. O isolamento térmico é feito com materiais naturais, como fibra de madeira e celulose reciclada, proporcionando conforto e eficiência energética. A planta baixa também evidencia a utilização de madeira certificada de reflorestamento para a estrutura da casa, assegurando que o material é obtido de fontes sustentáveis.

Figura 1: Planta Baixa da Residência Unifamiliar



Fonte: Autores (2024)

A planta baixa apresentada é de uma casa unifamiliar projetada para ser ecológica, integrando práticas e materiais sustentáveis em seu design. A casa é composta por uma área total de 10,33 metros de largura por 7,81 metros de profundidade. A entrada principal leva a um hall central que conecta todos os ambientes da residência. À esquerda do hall, encontra-se a suíte 01, com dimensões de 3,06 metros por 3,68 metros, proporcionando um espaço confortável e privativo. Próximo a esta suíte, há um banheiro identificado como WC1, medindo 1,80 metros por 1,91 metros. À direita do hall, está a suíte 02, com dimensões de 2,86 metros por 3,68 metros, também oferecendo um espaço privativo adequado. Adjacente a esta suíte, encontra-se o WC2, com as mesmas dimensões do WC1, garantindo praticidade e funcionalidade.

A área social da casa, composta pela sala de estar e jantar, possui uma ampla dimensão de 5,75 metros de largura por 3,53 metros de profundidade. Este espaço integrado permite um ambiente aberto e arejado, ideal para convivência e entretenimento. Conectado a esta área, há um lavabo medindo 1,46 metros por 0,60 metros, oferecendo conveniência aos moradores e visitantes. A cozinha, situada ao lado direito da planta, mede 3,61 metros por 3,53 metros, oferecendo um espaço funcional e bem iluminado para as atividades culinárias diárias. Além disso, a disposição da cozinha permite fácil acesso à área social, facilitando a interação e a integração dos ambientes.

Cada ambiente da casa foi projetado para maximizar o uso de materiais sustentáveis e soluções ecológicas, garantindo um impacto ambiental reduzido. A planta baixa evidencia um layout bem planejado que equilibra privacidade, conforto e sustentabilidade, atendendo às necessidades dos moradores modernos e conscientes ambientalmente.

Para Nascimento (2019), a arquitetura sustentável surge como uma progressão lógica da arquitetura bioclimática, ampliando sua abordagem para considerar a plena integração dos edifícios ao meio ambiente. Este tipo de construção tem como objetivo aprimorar a qualidade de vida dos indivíduos tanto dentro dos espaços construídos quanto em seus arredores. Ela leva em conta as particularidades do clima e das condições locais, buscando consumir a menor quantidade de energia possível, sem comprometer o conforto dos ocupantes. Ao adotar práticas que minimizem o impacto ambiental, a arquitetura sustentável se empenha em preservar recursos e reduzir a poluição, criando um legado mais saudável e sustentável para as futuras gerações.

Com a pesquisa realizada, foi possível desenvolver através do software REVIT, uma planta baixa de uma residência unifamiliar como mostra a figura. Seguindo um padrão de uma casa unifamiliar com todos os requisitos exigidos pelo código de obras da cidade de Parintins, a residência possui duas suítes, um lavabo, uma sala de estar, uma cozinha, uma lavanderia e uma garagem, numa área construída de 90m^2. A Imagem 2 destaca como seria essa casa planejada ecologicamente.

Figura 2: Design da Casa Ecológica

Fonte: Autores (2024)

A casa evidencia a utilização de madeira certificada de reflorestamento para a estrutura da casa, assegurando que o material é obtido de fontes sustentáveis. Além disso, o projeto inclui sistemas de captação de água da chuva para uso doméstico e dispositivos

economizadores de água nas torneiras e chuveiros, promovendo o uso racional deste recurso vital.

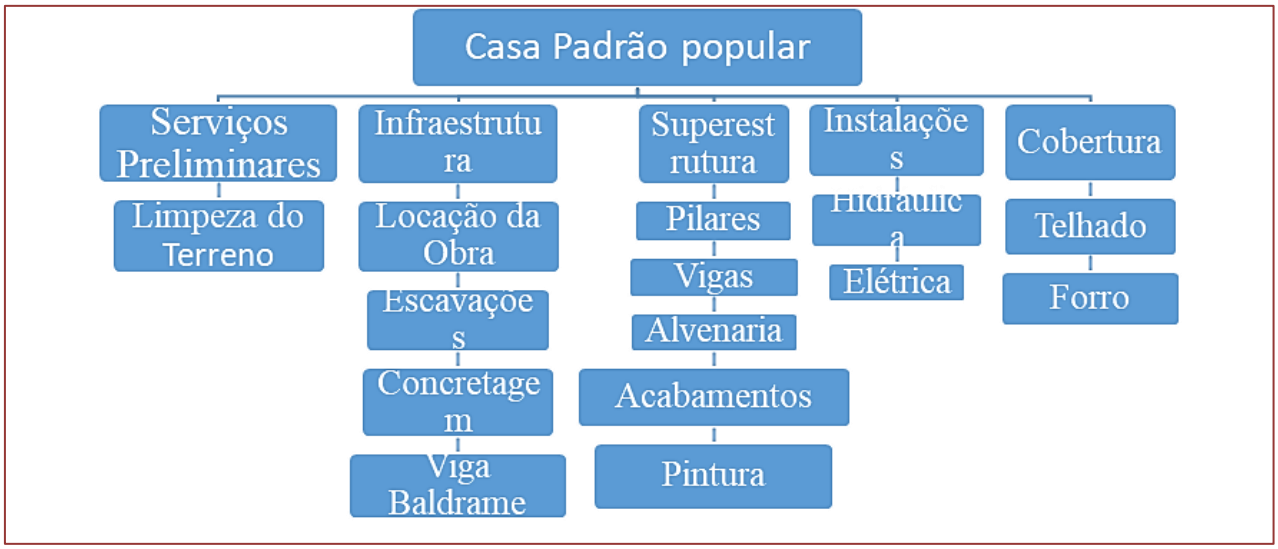
Painéis solares fotovoltaicos são instalados no telhado, garantindo uma fonte de energia renovável e reduzindo a dependência de fontes não sustentáveis. A disposição dos cômodos foi planejada para maximizar a iluminação natural e a ventilação cruzada, diminuindo a necessidade de iluminação artificial e climatização, e, consequentemente, economizando energia.

Conforme aponta Schmidt (2009, p. 24), um projeto arquitetônico sustentável desempenha um papel crucial na promoção de práticas construtivas que minimizem o impacto ambiental, ao mesmo tempo que oferecem benefícios sociais significativos e mantêm a viabilidade econômica. A criação de um projeto de arquitetura focado na sustentabilidade deve considerar todos os aspectos do ciclo de vida de um edifício. Isso inclui não apenas a fase de construção, mas também o uso contínuo, a manutenção necessária, e os processos de reciclagem ou demolição ao final de sua vida útil. Adotando essa abordagem holística, é possível desenvolver edificações que são tanto ambientalmente responsáveis quanto economicamente acessíveis.

Figura 3: Design da Casa ecológica

Fonte: Autores (2024)

Figura 4: Estrutura Analítica do Projeto



Fonte: Autores (2024)

A Estrutura Analítica de Projeto (EAP) representa um planejamento detalhado que decompõe o projeto em partes gerenciáveis. Ela consiste em uma lista de atividades, onde a obra é dividida em etapas claras e específicas. Cada fase do projeto avança conforme o trabalho destinado àquela parte da construção é concluído. A EAP facilita o acompanhamento do progresso, assegurando que todas as tarefas sejam finalizadas de maneira organizada e eficiente, permitindo uma gestão mais eficaz do tempo e dos recursos envolvidos na obra.

3.2. ORÇAMENTO DO PROJETO PARA UMA CASA CONSTRUÍDA CONVENCIONALMENTE E UMA SEGUNDA DE FORMA ECOLÓGICA.

Este orçamento quantitativo reflete os custos estimados para a construção de uma casa convencional e uma casa ecológica, abrangendo até os acabamentos. Os valores foram calculados com base em preços médios de mercado. A Tabela 1 apresenta os principais produtos necessários para a construção das paredes e do piso bruto de uma casa convencional, juntamente com os respectivos preços.

Entre os itens listados estão os materiais para o reboco das paredes, concreto para a estrutura do chão, vigas e colunas, e cimento para assentamento e reboco. Também são mencionados ferro para reforço estrutural, tijolos para alvenaria, estribos, tábuas para armadura de vigas e colunas, e os custos relacionados à mão de obra. Esses elementos são essenciais para garantir a qualidade e durabilidade da construção, assegurando que a estrutura da casa seja sólida e bem-acabada.

Tabela 1: Relação dos materiais utilizados na construção da casa convencional.

MATERIAL	QUANTIDADE	CUSTO
Reboco paredes	290m²	1.885,00
Concreto para chão/vigas e colunas	9 m³	10.800,00
Cimento para assentamento e reboco	20 sacas	1.240,00
Ferro 3/8	54 barras com 12 m	1.485,00
Tijolos	5500 unidades	1.540,00
Estribos	12 barras	54,00
Tábuas para armadura vigas e colunas	25 m²	875,00
Mão de Obra	145 m²	3.625,00
T O T A L		21.504,00

Fonte: Autores (2024)

A Tabela 1 apresenta os principais produtos necessários para o levantamento das paredes e do piso bruto de uma casa convencional, juntamente com seus respectivos preços. O reboco das paredes, que cobre uma área de 290m^2, tem um custo de R$1.885,00. Para a construção do chão, vigas e colunas, serão utilizados 9m^3 de concreto, totalizando um investimento de R$10.800,00. Serão necessárias 20 sacas de cimento para assentamento e reboco, com um custo de R$1.240,00. A estrutura será reforçada com 54 barras de ferro de 3/8, cada uma medindo 12 metros, com um custo total de R$1.485,00. Para a alvenaria, serão utilizados 5.500 tijolos, com um custo de R$1.540,00. Adicionalmente, serão utilizados estribos, consistindo em 12 barras, ao custo de R$54,00. As tábuas para a armadura das vigas e colunas cobrirão 25m^2, com um custo de R$875,00. A mão de obra necessária para a construção de 145m^2 está orçada em R$ 3.625,00. O custo total para esses materiais e mão de obra é de R$21.504,00.

A Tabela 2 apresenta a relação dos materiais utilizados na construção de uma casa ecológica, juntamente com os respectivos custos. Para a construção das paredes, foram utilizados tijolos ecológicos, conhecidos por sua sustentabilidade. A estrutura foi reforçada com barras de ferro de diferentes espessuras. Cimento foi necessário tanto para o assentamento dos tijolos quanto para outras aplicações na construção. O concreto foi utilizado para o chão, vigas e colunas, enquanto a areia e o pedrisco foram usados para complementar a mistura de concreto. A cola branca foi empregada para garantir a adesão adequada dos materiais. Por fim, a mão de obra foi essencial para a realização das tarefas de construção, garantindo que todos os materiais fossem aplicados corretamente e que a estrutura final segura e durável.

Tabela 2 - Relação dos materiais utilizados na construção da casa ecológica.

MATERIAL	QUANTIDADE	CUSTO
Tijolos ecológicos	9000	4.860,00
Barra Ferro 3/8	18 barras com 12 m	495,00
Barra ferro 4.2	27 barras com 12 m	121,50
Cimento	9 sacas	558,00
Concreto para chão/ vigas e colunas	8m^3	9.600,00
areia	1,5m^3	106,50
Pedrisco	0,75 m^3	47,00
Cola branca	36 lt	540,00
Mão de obra	145 m^2	2.175,00
T O T A L		18.503,00

A tabela apresenta os principais produtos necessários para a construção de uma casa ecológica, detalhando as quantidades e custos de cada item, totalizando R$18.503,00. Comparando as Tabelas 1 e 2, nota-se uma diferença na quantidade de tijolos utilizados nas duas construções. Isso ocorre porque o tamanho dos tijolos ecológicos é diferente dos tijolos convencionais, resultando em uma necessidade quantitativa distinta. Após a planificação dos custos, foram feitas várias comparações entre as duas casas. Observou-se que, além de exigir uma maior quantidade de tijolos, o custo por unidade dos tijolos ecológicos também é mais elevado.

Em contrapartida, a metragem de ferragem necessária é menor para a casa ecológica, refletindo em um custo reduzido em comparação com a casa convencional. Diversas comparações levaram à conclusão de que a casa convencional tem um custo final mais alto do que a casa ecológica. Assim, a construção ecológica se mostrou financeiramente viável, além de oferecer benefícios ambientais significativos, promovendo a preservação do meio ambiente.

Este orçamento quantitativo reflete o compromisso com a sustentabilidade e eficiência energética, utilizando materiais e tecnologias que minimizem o impacto ambiental da construção. Cada elemento foi calculado para garantir não apenas qualidade e durabilidade, mas também eficiência no uso de recursos durante todo o processo de construção e operação da residência.

Com base nas informações obtidas, a escolha entre uma casa construída de forma convencional e uma casa com práticas sustentáveis envolve considerações financeiras, ambientais e de longo prazo. Enquanto a casa ecológica apresenta um custo inicial mais alto em aspectos, ela pode oferecer benefícios a longo prazo em economia de energia e sustentabilidade ambiental. A decisão final deve levar em conta não apenas o custo inicial, mas também os valores pessoais e ambientais do cliente

De acordo com Souza, (2021) um dos benefícios mais evidentes das casas ecológicas é o custo reduzido tanto na construção quanto na manutenção ao longo do tempo. A utilização de materiais reciclados e a eficiência energética ajudam a economizar

recursos naturais e a reduzir as emissões de carbono. Além disso, essas residências frequentemente incorporam soluções como captação de água da chuva, sistemas de aquecimento e refrigeração eficientes, e projetos arquitetônicos que maximizam a luz natural e o conforto ambiental. Portanto, as casas ecológicas não são apenas uma tendência passageira, mas sim uma resposta consciente e responsável às necessidades atuais de preservação ambiental. Promovendo um estilo de vida mais sustentável, essas habitações exemplificam como é possível viver de forma harmoniosa com o meio ambiente sem comprometer o conforto ou o estilo de vida moderno.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na pesquisa detalhada sobre práticas sustentáveis na construção residencial em Parintins, é possível concluir que há um claro potencial para a adoção de materiais ecológicos e tecnologias sustentáveis. O estudo não apenas destacou a viabilidade econômica dessas práticas, mas também ressaltou os benefícios ambientais significativos, como a redução do impacto na atmosfera e a conservação de recursos naturais.

A utilização de materiais como os tijolos ecológicos, fabricados sem queima em forno, e a integração de produtos reciclados na construção demonstram um compromisso real com a sustentabilidade. Além disso, a implementação de sistemas eficientes de energia e água, como painéis solares e captação de água da chuva, contribui não apenas para a economia operacional da residência, mas também para a mitigação dos efeitos ambientais adversos.

A abordagem metodológica adotada na pesquisa, que incluiu uma análise detalhada dos custos e benefícios comparativos entre materiais sustentáveis e convencionais, revelou que, mesmo com um investimento inicial potencialmente maior, as soluções sustentáveis podem oferecer um retorno a longo prazo em termos de economia e durabilidade.

Portanto, o estudo não apenas fornece diretrizes claras para construções mais responsáveis em Parintins, mas também destaca a importância de certificações e conformidade com normas ambientais para garantir a qualidade e sustentabilidade dos materiais utilizados. Essas informações são essenciais para orientar tanto profissionais da construção quanto proprietários na busca por soluções que equilibrem eficiência econômica, preservação ambiental e bem-estar dos moradores. Assim, a construção sustentável não é apenas uma tendência, mas uma necessidade urgente para um desenvolvimento urbano e rural mais equilibrado e resiliente no contexto amazônico e global.

REFERÊNCIAS

[1] ASBEA. - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura. **Princípios básicos para uma arquitetura sustentável e materiais sustentáveis**. Sutentabilidade na Arquitetura. Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil, 2020.

[2] CARVALHO, D. S. **Aspectos técnicos para construção de edificação ecológica para baixa renda.** Escola Politécnica – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, janeiro de 2018.

[3] COELHO, Yeska. **20 edifícios ecológicos que mudaram o futuro da arquitetura.** 2023. Disponível em: https://casacor.abril.com.br/sustentabilidade/edificios-ecologicos-futuro-da-arquitetura/. Acesso: 18 de maio de 2024.

[4] IDHEA – **Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. Nove Passos para a Obra Sustentável**. São Paulo, 2006. Apostila do curso Materiais Ecológicos e Tecnologias Sustentáveis. São Paulo, 2006.

[5] FARIAS. Ariadne S. de. et al. **Infraestrutura urbana sustentável: conceitos e aplicações sob a perspectiva do arquiteto e urbanista.** Cadernos de Arquitetura e Urbanismo v.25, n.36, 1, 2018.

[6] GÜNTHER, Wanda R.; GIULIO, Gabriela Marques. **Ambiente urbano e sustentabilidade**: **desafios e oportunidades.** Faculdade de Saúde Pública da USP, São Paulo, 2018.

[7] MATOS, Ana Cristina. COSTA, Carlos Augusto. **Cidades inteligentes: O desafio do planejamento sustentável**. Cadernos: FGV Projetos, Rio de Janeiro, Ano 13, N° 32, 168-185, 2018

[8] NASCIMENTO, G. H. P. do ., SORATO, G. ., NETO, N. F., FARUTHE, S. R. D. S. ., BRANDINO, A. D. ., & SOUZA, R. M. de . (2019). CONSTRUÇÃO DE CASA ECOLOGICA. *ANAIS DO FÓRUM DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO UNIFUNEC*, *10*(10). Recuperado de https://seer.unifunec.edu.br/index.php/forum/article/view/4349.

[9] RIBEIRO, M. P, SIGOLI, S. C. R. Bioconstrução: Desenvolvimento de um projeto de casa ecológica. Revista Científic@ Universitas, Itajubá v.10, n.1, p.111-128, 2023.

[10] Souza, Gilsimar dos Santos et al. **Casa Ecologicamente Correta.** Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.1. 2021.

[11] SCHMIDT, Franciele Taise Manica. **Aplicação do conceito de sustentabilidade em uma Edificação residencial unifamiliar** – estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso [monografia]. UNIJUÍ - Universidade Regional do Noroeste Do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, novembro de 2009.

[12] SIVIRINO, K. J.; FISCHER, Y. P.; LINKE, P.P. Construção sustentável: uma revisão bibliográfica. Revista Monografias Ambientais, Santa Maria, v. 20, e2, 2021. DOI 10.5902/2236130864001. Disponível em: https://doi.org/10.5902/2236130864001. Acesso em: 14 de junho de 2024

[13] SILVA, Dieni Carlos Eduardo Moreira; SILVA, Felix Trindade da. **Casas Ecológicas** [monografia]. Universidade Anhebi Morumbi. São Paulo, 2011.

Capítulo 21

Investigação das causas e soluções para fissuras em estruturas civis no bairro São Benedito, Parintins-AM

Salum Dias Dácio Junior
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: Os problemas causados pelas manifestações patológicas podem se caracterizar como algo simples e ao mesmo tempo extremamente grave. Casos simples são aqueles que apenas ao existirem causam apenas desconforto ao usuário. Casos mais graves, podem causar ruptura da estrutura, e desmoronamento da obra. Este trabalho através de um estudo de caso faz uma análise das causas e métodos de reparos em estruturas na construção civil no bairro São Benedito na cidade de Parintins Amazonas. Por meio de procedimentos de pesquisa bibliográfica, documental, descritiva exploratória, com abordagem qualitativa, foram usados para a construção desse trabalho. Os resultados foram apresentados após pesquisa por meio do quadro 1, mostra os tipos e causas de fissuras nas residências, de uma imagem onde mostra os três tipos de fissuras. Finalmente, por meio de uma tabela 1, onde será proposto diretrizes e recomendações para prevenção em novas construções estruturais existentes. A pesquisa indicou que, tendo conhecimento de todos esses aspectos, é possível realizar tratamento adequado, prevenindo esses tipos de patologias sabendo da sua importância e necessidade, garantindo a segurança da uma obra e dos moradores da residência.

Palavras-chave: Patologia. Fissuras. Análise. Métodos. Reparos

1. INTRODUÇÃO

As fissuras são patologias comuns em edificações que podem afetar a estética, durabilidade e a integridade estrutural da obra, tanto em estruturas de concreto quanto em alvenaria. Elas surgem devido à atuação concentrada de tensões nos materiais, quando a solicitação ultrapassa a capacidade de resistência do material, levando o surgimento da fissura como um mecanismo de alívio dessas tensões (FERREIRA, 2018). Com os avanços tecnológicos na construção civil, novos métodos e técnicas têm sido desenvolvidos por meio de pesquisas para garantir construções mais seguras. Esses avanços proporcionam novas concepções, cálculos estruturais, detalhamentos e análises (RAMOS, 2019).

Quanto maior a restrição ao movimento dos materiais e mais frágeis eles forem, maior será a magnitude e a intensidade da fissuração. A formação das fissuras está relacionada a fatores internos e externos, como variações térmicas, higroscópicas, recalques diferenciais, sobrecargas e deformações no concreto armado. As ações internas causadoras de fissuras estão diretamente associadas à retração dos produtos à base de cimento e às alterações químicas dos materiais. Simplificando, as fissuras podem surgir em qualquer fase da edificação: projeto arquitetônico, fundação, estrutura, execução da alvenaria, acabamento e até na fase de uso, devido ao mau uso da unidade (PEREIRA, 2023).

Tecnicamente, o termo “fissura” é preferível ao termo “trinca”. Algumas normas e peritos classificam as fissuras conforme sua abertura. Segundo a norma de impermeabilização (NBR 9575:2003), microfissuras possuem abertura inferior a 0,05 mm. Para as trincas ativas, que variam conforme a variação hidrotérmica, essa classificação é inaplicável, pois a nomenclatura mudaria conforme o instante da medição (LIMA, 2017).

Fissuras são um problema recorrente na engenharia civil no Brasil e em outras partes do mundo. Elas podem ser causadas por diversos fatores, como a qualidade dos materiais, erros na execução, falhas no projeto, variações climáticas e movimentos do solo (FERREIRA, 2020). O enfrentamento dessas fissuras requer uma abordagem holística que envolva um bom projeto inicial, uso de materiais de qualidade, execução rigorosa e manutenção contínua. A atenção a cada uma dessas etapas é fundamental para prevenir problemas graves e garantir a durabilidade e segurança das estruturas.

Prevenir e tratar fissuras em obras em Parintins exige um entendimento aprofundado das causas, planejamento adequado, escolha de materiais de alta qualidade, execução cuidadosa e manutenção constante. Uma abordagem integrada dessas etapas pode evitar problemas sérios e assegurar a longevidade das construções.

Considerando essa problemática e suas consequências, este artigo apresenta uma análise das fissuras, propondo estratégias para prevenção e reparo em uma residência localizada na Rua Carvalho Leal, bairro São Benedito, na cidade de Parintins, Amazonas. Inicialmente, foi realizado um levantamento detalhado das principais causas de fissuras em estruturas civis. Em seguida, avaliou-se os diferentes tipos de fissuras, considerando sua origem, extensão e impacto na integridade estrutural. Por fim, foram propostas diretrizes e recomendações para a prevenção e mitigação de fissuras em novas construções e em estruturas existentes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este artigo tem por objetivo analisar fissuras, propondo estratégias para a prevenção e reparo em uma residência na Rua Carvalho Leal, no bairro de São Benedito, na cidade de Parintins no Amazonas. Sendo um dos 26 bairros pertencentes na cidade, sua localização fica na área central do município de Parintins. A Figura 1 mostra a localização do Bairro São Benedito representado em um contorno.

Figura 1: Bairro São Benedito da cidade de Parintins

Fonte: Google maps (2024)

As manifestações patológicas são problemas comuns em muitas edificações, especialmente nas mais antigas. Diante dos problemas causados por fissuras em obras, foi identificada essa patologia em uma residência unifamiliar, gerando diversos transtornos. A pesquisa foi conduzida entre maio e junho de 2024.

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre fissuras, com o objetivo de identificar métodos de análise e aplicação para este estudo. As fontes de pesquisa incluíram o Google Acadêmico, artigos científicos, livros e revistas especializadas no tema. Através de visita técnica ao local, foram observados diversos tipos de patologias presentes na edificação estudada. Durante a vistoria na residência, foi elaborado um projeto de reformas para solucionar os problemas relacionados às fissuras. Após a análise do projeto, buscou-se avaliar sua eficácia, principalmente após a conclusão da obra, considerando as infiltrações associadas às fissuras. Dessa forma, o estudo evidencia a importância da adoção de boas práticas na execução das obras.

Após a pesquisa, realizou-se um levantamento das principais causas de fissuras em outras construções, para possibilitar uma comparação com o caso estudado. Para isso, utilizou-se o Quadro 1, que apresenta as etapas detalhadas das principais causas de fissuras em estruturas.

Com base nos resultados desse levantamento, foi feita uma avaliação dos diferentes tipos de fissuras, suas origens e os impactos que causam na estrutura. Essa análise será ilustrada pela Imagem 1, que mostra os três tipos principais de fissuras. Por fim, por meio da Tabela 1, serão propostas diretrizes e recomendações para a prevenção dessas patologias em construções novas e existentes.

3. RESULTADOS

3.1. REALIZAR UM LEVANTAMENTO DETALHADO DAS PRINCIPAIS CAUSAS DE FISSURAS EM ESTRUTURAS CIVIS.

As fissuras em construções são quase inevitáveis e muitas vezes não recebem a devida atenção durante o planejamento das obras. Fatores climáticos, características das estruturas e os métodos construtivos desempenham papel fundamental no surgimento dessas fissuras no concreto. Por isso, é essencial que, na fase de projeto, se tenha um bom entendimento sobre esses aspectos — como condições ambientais, cargas aplicadas e propriedades estruturais — para minimizar a ocorrência dessas patologias. Sem essa atenção especial, as fissuras tendem a ser inevitáveis.

Quadro 1: Principais tipos e causas de fissuras nas paredes dessa residência

Fissura vertical	Geralmente, a fissura vertical na parede surge pela falta de resistência na argamassa ou no bloco. Outra causa comum do problema é a junção errada de materiais diferentes de alvenaria e concreto.
Fissura horizontal	As fissuras em paredes na horizontal tendem a surgir na base das superfícies ou próximas ao texto. No último caso, o motivo pode ser a falta de amarração da estrutura com a viga superior. Outra possível causa é o adensamento da argamassa de assentamento.
Fissuras diagonal	Normalmente, as trincas na parede na diagonal aparecem próximas a janelas ou portas. Na maioria dos casos, estão relacionadas à carga aplicada na alvenaria ou à falha nas vergas e nas contravergas da construção.
Fissura de elementos estruturais	As rachaduras formadas em elementos estruturais, como pilares e vigas, são alertas para a qualidade da construção do imóvel. Elas prejudicam a instabilidade da edificação e podem colocar toda a infraestrutura da residência em risco.

Fonte: Autores (2024).

O objetivo é avaliar os diferentes tipos de fissuras, considerando sua origem, extensão e impacto na integridade estrutural. As fissuras em estruturas podem surgir por diversos motivos e apresentam variações em tipo e gravidade. A seguir, são apresentados os principais tipos de fissuras, suas origens e seus impactos na integridade estrutural, conforme a NBR 6118-2014.

A identificação precoce e a análise adequada das fissuras são essenciais para a manutenção da integridade estrutural. A adoção de práticas construtivas de qualidade, o controle rigoroso da cura do concreto e o monitoramento contínuo ajudam a minimizar a ocorrência e os efeitos das fissuras nas estruturas.

Para alcançar esse objetivo, é necessário compreender os tipos de fissuras, suas causas e seus impactos:

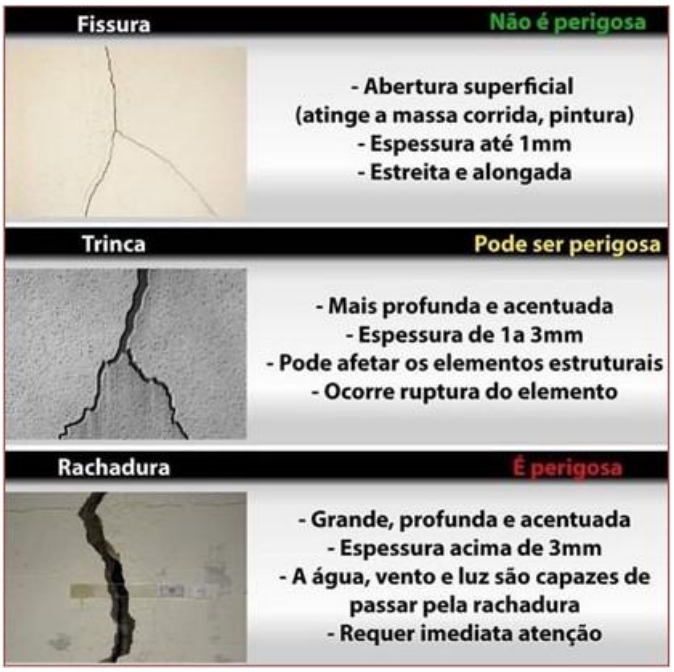
Fissura vertical – geralmente ocorre devido à baixa resistência da argamassa ou do bloco. Outra causa comum é a junção inadequada entre materiais diferentes, como alvenaria e concreto.

Fissura horizontal – tende a surgir na base das paredes ou próximo ao teto. No caso das fissuras próximas ao teto, a falta de amarração adequada da estrutura com a viga superior costuma ser o motivo. Outra causa possível é o adensamento incorreto da argamassa de assentamento.

Fissura diagonal – normalmente aparece próxima a janelas ou portas. Na maioria dos casos, está relacionada à carga aplicada sobre a alvenaria ou à falha (ou ausência) nas vergas e contravergas da construção.

Fissura em elementos estruturais – as rachaduras em pilares e vigas são sinais de alerta sobre a qualidade da construção. Elas comprometem a estabilidade da edificação e podem colocar em risco toda a infraestrutura da residência. A Figura 1 ilustra exemplos dos diferentes tipos de fissuras mencionados.

Figura 1: Tipos de fissuras



Fonte: Autores (2024).

3.2. PROPOSTA DE DIRETRIZES E RECOMENDAÇÕES PARA A PREVENÇÃO E MITIGAÇÃO DE FISSURAS EM NOVAS CONSTRUÇÕES E EM ESTRUTURAS EXISTENTES.

Prevenir fissuras em novas construções é fundamental para garantir a integridade estrutural, a durabilidade e a estética do edifício. A seguir, são apresentadas diretrizes e recomendações voltadas para evitar o surgimento de fissuras nessas obras. A Tabela 1 traz essas diretrizes (coluna 1) e recomendações (coluna 2), que contribuem para minimizar o risco de fissuras, assegurando que as construções sejam duráveis, seguras e visualmente satisfatórias.

Tabela 1: Diretrizes e recomendações

Diretrizes	Recomendações
Planejamento e projeto	Análise de solo
	Projeto estrutural adequado
	Materiais de qualidade
Execução de Obra	Controle de concretagem
	Técnicas de construção
	Prevenção de retração plástica
Manutenção e monitoramento	Inspeção regular
	Correção de pequenas fissuras
	Manutenção preventiva
Considerações Adicionais	Condições climáticas
	Educação e treinamento

Fonte: Autores (2024).

A adoção de boas práticas na execução de projetos é essencial para entregar aos usuários uma edificação segura. Além disso, a manutenção periódica realizada por profissionais qualificados previne a degradação causada pelas condições climáticas, permitindo a realização de manutenções preventivas.

Na residência foco deste estudo, foram identificadas diversas fissuras em diferentes partes da edificação. Essas fissuras estavam diretamente relacionadas às fases de execução da obra. Por se tratar de uma construção antiga, diversas patologias foram observadas. Notou-se, por exemplo, que a residência não possuía fundação adequada. Ao cavar ao lado da edificação, foi constatado que ela foi construída sem viga baldrame, apenas com escavação do solo e uma base rasa feita com concreto magro coberto por cascalho, o que causa recalques diferenciais que favorecem o surgimento das fissuras, que se agravam com o tempo (TERREZO, 2021).

A construção foi realizada somente com tijolos trançados, sem pilares ou vigas superiores. Outro fator agravante foi o excesso de carga, pois o telhado foi construído com madeiras de lei e telhas de barro, utilizando travessas de 20 cm de largura, repões e perna-mancas executados de forma grosseira, o que aumentou o peso e provocou fissuras por sobrecarga na base da construção. Além disso, o reboco foi aplicado de forma incompleta: apenas a parte interna recebeu cobertura total, enquanto a parte externa foi rebocada somente na fachada frontal. Essa falta de proteção externa facilitou a infiltração decorrente da chuva, causando fissuras no reboco interno, que, apesar de visíveis, não comprometem a segurança da edificação (SILVA, 2021).

Embora muitas fissuras em construções atuais sejam decorrentes de más práticas executivas, no caso desta residência, com mais de 50 anos, as patologias são atribuídas principalmente à falta de conhecimento técnico da época. Os profissionais responsáveis contavam basicamente com conhecimento empírico, fazendo o melhor possível dentro dessas limitações.

Com base no levantamento realizado, foi conduzido um estudo de caso apoiado nas Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBRs) elaboradas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e em artigos científicos coletados no Google Acadêmico. Após identificar as causas das patologias, reunimos a família moradora para apresentar o estudo de caso, explicando as soluções viáveis para tratamento, recuperação e prevenção após a implementação das medidas sugeridas.

As possíveis soluções propostas foram: reforço da estrutura com pilares e vigas superiores, substituição do madeirame pesado do telhado por madeira processada com cerca de um terço do peso original, troca das telhas de barro antigas por telhas de galvalume ou por telhas de barro atuais, que pesam metade das antigas. Para a parte externa que não foi rebocada, foi recomendada a aplicação de reboco com aditivo impermeabilizante para prevenir infiltrações. Na parte interna, sugerimos raspagem das paredes e repintura. Com isso, concluímos o estudo de caso.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um estudo de caso sobre fissuras em uma residência unifamiliar localizada na Rua Carvalho Leal, bairro São Benedito, na cidade de Parintins-AM.

Para iniciar, foi realizado um levantamento bibliográfico por meio de artigos pesquisados no Google Acadêmico e consultas às normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), garantindo segurança nas orientações para os reparos recomendados.

Após visitas técnicas à residência, foram identificadas e analisadas as fissuras presentes, determinando suas origens e avaliando os riscos para os moradores. Com base nos reparos realizados seguindo nossas orientações, foram também explicados aos moradores os métodos de prevenção e a importância da manutenção periódica da edificação.

Concluímos que, nessa residência, as fissuras surgiram principalmente por falhas na execução do projeto, uso de materiais inadequados e ausência de manutenção preventiva, fatores que poderiam ter sido evitados com o cumprimento das normas vigentes.

REFERÊNCIAS

[1] CORSINI, Rodnei. Trinca ou fissura. **São Paulo: Téchne**, v. 160, 2010.

[2] DUARTE, Hiago Simões; BARBOSA, Melissa; DE FARIAS, Bruno Matos. Fissuras em Estruturas de Concreto Armado: Estudo de Caso. **Epitaya E-books**, v. 1, n. 6, p. 41-91, 2021.

[3] FERREIRA, G. H. Fissuras em edificações de concreto armado: revisão e estudo de caso. 2020.**Manifestações patológicas na construção civil.** Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE, v. 5, n. 1, p. 71-71, 2018.

[4] LIMA, L. R.; AUGUSTO, R. D.; SANTOS, S. X. **Análise das manifestações patológicas emsistemas de revestimentos argamassados à base de cimento portland: uma análise teórica decorrelação: não**. Constuindo: Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p.01-12, 14 jul. 2017. Mensal.Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade

[5] PEREIRA, Wesley Fonseca. **Identificação automatizada de manifestações patológicas por meio de segmentação semântica: fissuras, rachaduras, trincas e fendas**. 2023.

[6] RAMOS, E. G.L. **Planejamento de prazo no setor da construção civil: um estudo das técnicas utilizadas em obras na cidade de SÃO LUIS-MA**, 2019.

[7] SILVA, E. F. SILVA, S.; SILVEIRA,M. E. **Ultilização De Técnicas De Impermeabilização Em Edificações Com Patologias De Umidade: Estudo De Caso Em Residências Na Cidade De Caratinga-Mg Caratinga** 2019. 2018.

[8] SCHUSTER, Igor Dalmolin. Estudo sobre eflorescências ocasionadas em alvenaria estrutural cerâmica. 2022

[9] SANTOS, Mateus Dierings Tanus dos. Manual básico para identificação de fissuras mais comuns em estruturas de concreto armado para engenheiros recém-formados. 2019.

Capítulo 22

Sustentabilidade ambiental na construção civil por meio da elaboração de moldes Bambu (Bambusa vulgaris) para divisões internas de casas e espaços comerciais

Sérgio Martins de Lima
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: A construção civil trabalha em ritmo acelerado para atender as demandas do mercado e suas exigências e necessidades, diariamente profissionais dedicam horas estudando novas maneiras de construir com segurança, utilizando materiais mais resistentes e de baixo custo, produzindo menor quantidade de resíduos e impactos ambientais. Esse trabalho foi desenvolvido no município de Tabatinga – AM, foram realizados desenhos técnicos de divisória de casa e/ou espaço comercial e construiu-se uma maquete de bambu medindo 1,27 metros de altura e 1,98 metros de largura para demonstrar a viabilidade da aplicação, e a levantamento dos gastos para construir uma parede de 3x4 em Alvenaria, Madeira e Bambu. Observou-se através da elaboração da maquete e dos desenhos técnicos que é possível elaborar estruturas (paredes) de excelente qualidade que realçam o natural e reduz os impactos sobre o meio ambiente, através do levantamento de gastos para construir uma parede 3x4 comprovou-se que a utilização do bambu na construção civil é sinônimo de economia. Em síntese, a aplicação do bambu na construção civil no município de Tabatinga, reduz a procura por madeiras de procedência irregular e reduz os impactos ambientais.

Palavras-chaves: Materiais de construção sustentáveis; Divisórias sustentáveis; Materiais construtivos alternativos.

1. INTRODUÇÃO

O bambu é uma planta com uma vasta distribuição geográfica e adaptada ao solo amazônico. De acordo com Canavan et al., (2017) é uma planta lenhosa pertencente às angiospermas, da família Graminae (Poaceae) e subfamília Bambusoideae, com cerca de 121 gêneros e 1.662 espécies, tendo sua distribuição entre as regiões dos trópicos e as regiões temperadas, estando presente em todos os continentes, à exceção da Europa.

Os asiáticos foram os primeiros a utilizar o bambu em seus primeiros ideogramas, com a modernidade e desenvolvimento econômico os asiáticos em especial os chineses continuam utilizando o bambu que ganhou outros mercados como destaca, Almeida (2023) , há de se destacar algumas construções no mundo com utilização do bambu como elemento principal, tais como: Green School e Green Village (Indonésia); Catedral Alterna Nuestra Señora de la Pobreza (Colômbia); ponte para tráfego de veículos na província de Hunan (China) e no Brasil, apesar de pouquíssimas obras utilizando o bambu, por ter um baixo incentivo e investimento ao uso do mesmo na forma estrutural, há algumas construções de pequeno porte, como é o caso do hostel Universo Pol Bamboo Hostel (Morro de São Paulo – BA) e o Loft Bambu na Villa Se7e (Trancoso – BA).

Todavia, a demanda pela construção ambientalmente correta e sustentável impulsionou a construção civil e o mercado da construção a começar olhar com bons olhos a possibilidade de utilizar o bambu basta ver que o setor moveleiro tem uma demanda expansiva de produção. Como citado por Almeida (2023) a construção civil no Brasil, se resume a pequenas estruturas.

A Região do Alto Solimões movimenta um mercado muito forte na extração e beneficiamento de madeira de Lei, todavia a extração acontece em região de difícil acesso e distante da fiscalização dos órgãos públicos. É trivial histórias de conflitos entre madeireiros e indígenas, pressionando o setor da construção civil a buscar enquadramento no desenvolvimento sustentável, uma vez que a extração de árvores produz grandes impactos ambientais. Nesse contexto, Nunes et al., (2021), o bambu é uma alternativa útil como material estrutural em substituição ao uso abusivo do aço e do concreto. Em relação às suas propriedades, o bambu apresenta grande resistência e boa trabalhabilidade, além de possuir características semelhantes às do aço, principalmente quanto à resistência à tração.

A aplicação do bambu em estruturas internas como a divisão de espaços como salas pode ser o início de uma construção sustentável para o município de Tabatinga e demais regiões do país. Para Nunes et al., (2021), o bambu se torna uma resposta para a construção sustentável, no que diz respeito à utilização de materiais que contribuam na redução da problemática vigente na construção civil. Por se tratar de um material não poluente, ele apresenta propriedades comparáveis às de outros materiais convencionais utilizados na construção civil, tornando-se, assim, uma alternativa mais econômica, com baixo consumo de energia e maior benefício ao meio ambiente.

O contexto histórico da tentativa de associar o bambo com a construção civil não é recente Ghavami (1992), os primeiros registros datam de 1914 na China e Estado Unidos da América, e posteriormente na Alemanha, Japão, Índia e Filipinas. Os primeiros registros para o Brasil datam de 1992 no Departamento Civil da PUC – Rio. Entretanto, ainda se tira pouco proveito do bambu em nosso país, seu uso restringe-se basicamente a confecção de peças artesanais e detalhes paisagísticos, países asiáticos, como China, a Índia, e países da América Latina, como o Equador e a Colômbia, onde a cultura do bambu na construção civil é largamente difundida (TEIXEIRA, 2006). É relevante destacar as informações

citadas por Teixeiras (2006) uma vez que passado 18 anos da pesquisa, pouco avanço da inclusão do bambu na construção civil é registrado no Brasil, uma realidade distinta a brasileira é observada no México que avançaram significativamente, na parte estrutural das casas com a construção de paredes internas e externas e inclusive pilares, logicamente que adotando as devidas precauções para evitar o apodrecimento do bambu.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Tabatinga (Figura 1), localizado na região do Alto Solimões, essa região é chamada de Tríplice Fronteira e/ou Trapézio Amazônico, uma vez que os países Brasil, Colômbia e Peru fazem fronteira, destacam-se como as principais cidades da fronteira: Tabatinga/Brasil, Santa Rosa/Peru e Letícia/Colômbia.

Figura 1: Indicação de localização geográfica do município de Tabatinga - AM

Fonte: Google Earth (2024).

2.2. ABORDAGEM DA PESQUISA

Utilizou-se a análise quantitativa para comparar a viabilidade econômica da utilização do bambu quando comparado com modelos de construção que aplica (madeira e alvenaria). Segundo Nascimento (2016) é uma abordagem ou método que emprega medidas padronizadas e sistemáticas, reunindo respostas pré-determinadas, facilitando a comparação e a análise de medidas estatísticas de dados.

A aplicação da qualitativa para demonstrar como a utilização do bambu na construção civil pode garantir a sustentabilidade ambiental e reduzir impactos ambientais. A análise qualitativa possibilita ao pesquisador interpretação dos fenômenos observados e no significado que carregam, ou no significado atribuído pelo pesquisador, dada a realidade em que os fenômenos estão inseridos (NASCIMENTO, 2016). O mesmo

autor destaca que o método de análise de dados qualitativo é um processo descritivo, indutivo, de observação que considera a singularidade do sujeito e a subjetividade do fenômeno, sem levar em conta princípios já estabelecidos. Permite generalizações de forma moderada, tendo em vista que parte de casos particulares.

2.3. ETAPAS DA PESQUISA

A primeira etapa destinou-se à construção de uma maquete medindo 1,27 metros de altura e 1,98 metros de largura para demonstrar a facilidade, eficácia e eficiência da aplicação da madeira de bambu na construção civil. A maquete simula uma parede divisória para casa e/ou espaço comercial.

A elaboração dos desenhos técnicos de moldes para divisões de espaços internos utilizando madeira do Bambu (*Bambusa vulgaris*) foram confeccionados em papel A1 que possibilita a elaboração de moldes com dimensões mais apresentáveis, utilizou-se lápis técnico 6B de madeira e tinta para papel, misturada com glicerina e açúcar "a mistura ajuda a realçar e fixar as cores".

A segunda etapa consistiu em verificar como a aplicação do Bambu (*Bambusa vulgaris*) na construção civil pode garantir sustentabilidade ambiental e reduzir impactos ambientais. Realizou-se uma visita ao Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas – IDAM para fazer um levantamento dos principais tipos de madeira utilizados na construção civil no município de Tabatinga e recolher informações técnicas como o tempo desenvolvimento das árvores da germinação a chegar no período apto para o corte e beneficiamento, comparando com período de desenvolvimento do bambu.

Saber da elaboração e/ou existência de projetos de produção/plantação de árvores com destino comercial, enfatizando a comparação de impactos ambientais proveniente da extração de madeira e a substituição pela madeira de bambu.

A terceira etapa da pesquisa destinou-se a fazer o levantamento dos gastos para construir uma parede divisória de uma casa e/ou espaço comercial, medindo 3 metros de altura e 4 metros de largura. O orçamento para construção da parede divisória consistiu em fazer o levantamento dos preços para construção de uma parede de "Alvenaria, Madeira e Bambu". O orçamento consistiu em demonstrar todas as etapas da obra até a conclusão, incluindo a mão de obra e horas de trabalho que os profissionais demandam para entregarem a obra concluída.

3. RESULTADOS

3.1. MAQUETES PARA DIVISÕES DE ESPAÇOS INTERNOS UTILIZANDO BAMBU (*Bambusa vulgaris*)

Essa maquete mede 1,27 metros de altura e 1,98 metros de largura (figura 2), construída em dois dias a contar da extração do bambu a limpeza e posteriormente organizar da estrutura externa, utilizou-se para montar essa maquete: 19 varas de bambus de 1.60 m; 02 ripões de 2.00 m; 04 ripões de 1.30 m; 0,5 kg de prego de uma polegada; 1 kg de prego de 2 polegadas; 1 lixa de madeira fina; 1,5 l de selador; 1 l de verniz.

A estrutura é rústica, mas chama atenção pela vibração e realce das cores, nessa maquete o bambu está organizado na vertical e horizontal garantindo assim mais resistência a parede que pode receber vários objetos decorativos e aparelhos eletrônicos. A crescente demanda pelo bambu é destacada pelo Sebrae (2022). O mercado do bambu está em crescimento nas áreas de construção civil, arquitetura e design, oferecendo diversas possibilidades de aplicação. A planta tem como principal vantagem a versatilidade na hora de compor ambientes.

O bambu começa a ganhar importância no mercado graças a seu custo de produção e qualidade para produção de móveis, uma vez que é extremamente maleável e consegue-se fazer estruturas com dimensões e formatos geométricos distintos. Observa-se uma tendência de crescimento do mercado moveleiro e construção em utilizar ainda mais o bambu.

De acordo com Denittis (2019) a utilização do bambu pelo homem apareceu na região da Ásia, em especial no território chinês, em um dos primeiros ideogramas chineses, denominado CHU, representava o bambu, sendo o desenho formado por dois talos, com seus ramos e folhas. Estando entre as regiões no mundo que mais utilizam o bambu como material construtivo a Índia e a Colômbia.

Figura 2: Maquete construída com bambu.

Fonte: Lima & Lima (2024).

3.2. DESENHOS TÉCNICOS DE MOLDES UTILIZANDO MADEIRA DO BAMBU (*Bambusa vulgaris*)

A organização do espaço interno das residências com divisórias bem elaboradas, pode proporcionar arranjo mais eficiente, harmonia e privacidade. A estrutura da Figura 3 projetada para 3x4 m.c o projeto utiliza bambus na vertical e horizontal a amarração dos bambus da vertical poderá ser feita com fibra extraída do bambueiro, as estruturas de fixação na alvenaria utilizam-se listões 5/2 nas laterais, parte superior e inferior. Essa estrutura utilizaria uma média de 50 bambus, medindo 3,10 m e o valor unitário é de R$5,00, e mão de obra R$600,00 três dias de trabalho.

Essa estrutura pode ser construída utilizando o bambu seco/maduro adotando as devidas precauções de tratamento. De acordo com Nunes et al (2021), os tratamentos tradicionais (naturais) podem ser: cura no bambuzal, imersão em água, tratamento pelo fogo e tratamento pela fumaça. Os tratamentos químicos podem ser: imersão em solução de sais e substituição de seiva.

Essa estrutura tem uma mesa construída na parede interna da cozinha que pode servir como estrutura de uma pequena adega e a parede da sala feita com bambu poderá ser utilizada para fixar os vinhos e demais bebidas. A estrutura é resistente e com auxílio de um profissional pode instalar o suporte para TV, chaveiro e fixar vasos de plantas que não precisam de água com frequência como por exemplo cactos pequenos e algumas espécies de orquídeas.

Figura 3 - Desenhos técnicos de moldes de madeira de bambu.

Fonte: Lima & Lima (2024).

A estrutura da Figura 4 é construída com as dimensões da estrutura anterior, aplica-se o mesmo orçamento e materiais, porém essa estrutura tem formato de arco e com as extremidades superiores abertas nos cantos que favorece a ventilação e luminosidade.

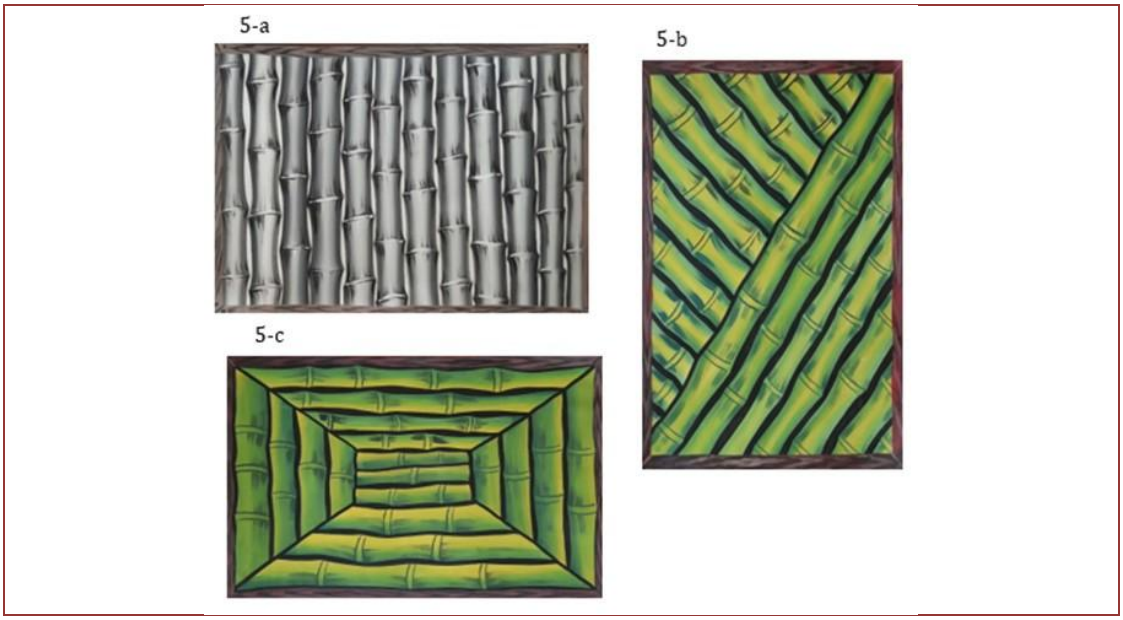
Figura 4: Desenhos técnicos de moldes formato arco, madeira de bambu.

Fonte: Lima & Lima (2024).

As estruturas das Figura 5a, Figura 5b e Figura 5c são projetadas sem espaço de passagem (portas) dentro da estrutura. A estrutura da Figura 5a é projetada para utilizar bambu seco/maduro, as estruturas Figura 5b e Figura 5c são projetadas com bambu verde, mas que com tratamento por ser suscetível ao ataque de insetos e fungos. Segundo Nunes et al., (2021), isso acontece porque o bambu apresenta amido nas células parenquimáticas, torna-se alvo de ataques do caruncho ou broca-do-bambu (*Dinoderus minutus*).

A importância do bambu para o mercado tem crescido nos últimos anos, de acordo com Sebrae (2022), além de ser uma alternativa sustentável, ele também é mais leve e apresenta características de resistência equivalentes às do concreto e tração semelhante à do aço, segundo diversos estudos. Outra propriedade da espécie é a sua velocidade de crescimento: em um período de três a cinco anos, o bambu pode ser cortado, voltando a crescer depois.

Figuras 5: a) Estrutura produzida com bambu seco. b) Estrutura montada com bambu verde com inclinação de 15 graus. c) Estrutura com dimensões quadrangulares, produzida em bambu verde.



Fonte: Lima & Lima (2024).

3.3. APLICAÇÃO DO BAMBU (*Bambusa vulgaris*) NA CONSTRUÇÃO CIVIL, SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E REDUÇÃO IMPACTOS AMBIENTAIS

A utilização do Bambu na construção civil pode movimentar um mercado extrativista interessante, uma vez que a natureza em especial da região do Alto Solimões é abundante na distribuição dessa espécie. A extração é realizada com facilidade quando comparado com as madeiras de Lei "como são conhecidas popularmente as madeiras extraídas da natureza" em geral a extração dessas árvores de grande porte acontece nas cabeceiras dos rios, especialmente no Alto Rio Javari, Rio Curuçá e Rio Alto Ituí.

Em Tabatinga as principais árvores extraídas para produção de madeira são: Marupá (*Simarouba amara Aubl., Simaroubaceae*), Cedro *(Cedrela fissilis Veli., Meliaceae),* Matamatá (*Eschweilera amara (Aubl.) Ndz).* Essas árvores levam em média mais de 30 anos para estarem aptas ao beneficiamento. Todavia quando comparamos com o bambu, observamos que a produção é rápida, de acordo com Embrapa (2018) de rápido crescimento (algumas espécies crescem até 20 centímetros por dia) e fácil regeneração, o bambu pode produzir por mais de 30 anos, sem a necessidade de replantio.

O cultivo também é uma atividade comercialmente atrativa, Embrapa (2018) destaca que em bambuzais nativos deve ser colhida metade das plantas por touceira. Em cultivos plantados, a partir dos cinco anos é possível colher de 20% a 50% dos colmos com potencial econômico, dependendo da espécie e finalidade de uso.

Quando comparamos o esforço para extração, tempo de produção de árvores, madeira de lei e bambu, capacidade de produção (madeira de lei produz apenas uma árvore e o bambueiro consegue dar novos brotos e produzir novas árvores por mais de 30 anos). Comparando essas informações ressalta-se que a utilização do bambu na construção civil reduz impactos sociais e ambientais.

Com a demanda crescente de produtos ambientalmente corretos e sustentável, o bambu agrada pela junção do exótico/rústico com a beleza de móveis que atraem a atenção, são muitas as possibilidades de aplicação como a produção de cadeiras, mesas, pergolado, criado mudo, moldura para espelhos, base para mesa de vidro, pequenos jardins internos e entre outras aplicações.

Esses móveis têm um valor agregado significativo, garantindo retorno de excelência pelo baixo custo de produção, em especial a matéria prima "in natura". As maiores E-commerce ou marketplace site (https://www.amazon.com.br/) oferecem moveis de bambu "mesa 65 x 110 x 90cm de centro para varanda e três cadeiras R$ 499,90, sapateira de bambu de dois andares e parte superior serve de acento 70x30cm R$ 290,90". A média de preço não apresenta discrepância quando verificado no site do (https://mercadolivre.com.br/moveis-de-bambu) jogo de mesa e cadeiras feitos de bambu média de preço R$450,99 a R$799,99.

Quando se verifica a questão do ambientalmente sustentável para construção civil no município de Tabatinga, após a visita ao IDAM, constatou-se que as madeireiras que atuam no referido município não dispõem de licenciamento de todos os órgãos competentes para atuarem nesse comércio. Agravando a situação, o servidor do IDAM ressaltou que toda madeira comercializada em Tabatinga e região é de origem irregular.

Agravando esse cenário o município não tem projetos de produção/plantação de árvores com destino comercial, e não dispõe de projeto de reflorestamento e plantio de árvores nativas de grande porte. O IDAM tem projetos de manejos em propriedades particular, onde o proprietário divide a terra em duas faixas e durante 20 anos não pode extrair quaisquer tipos de árvores e/ou fazer algum tipo de alteração em uma das faixas de terra, passado esse período ele pode explorar a faixa de terra que ficou preservada por 20 anos e a outra faixa entra no período de reestruturação natural de duas décadas.

Analisando a realidade da comercialização de madeira no município e a ausência de políticas públicas e privadas com objetivo de minimizar os impactos da atividade extrativista sobre os recursos naturais que tem causado uma pressão crescente ao meio ambiente, uma vez que as madeireiras seguem produzindo em larga escala para atender a demanda do mercado. "*Esse problema tem muitas vertentes, nós estamos distantes de encontrar uma solução, de um lado o governo e políticas públicas sem eficiência, simplesmente não tem competência para fiscalizar a região, isso em especial pelo tamanho entre outras particularidades. Outro lado da moeda tem o comercio e extração ilegal que movimente milhões ou até bilhões de reais anualmente (a linha de frente da extração é igual vento ninguém vê sentimos apenas os impactos). E fechando essa série temos a sociedade civil que em sua maioria não se preocupa com a origem da madeira, simplesmente quer concluir a obra, mas é sempre bom perguntar um pouco para evitar problema. Temos também a exportação de madeira ilegal, mas esse assunto é extremamente delicado* (servidor do IDAM, comunicação pessoal)".

Frente a esse cenário turbulento a utilização do bambu é uma alternativa ambientalmente correta e sustentável com impactos mínimos na fauna e flora.

3.4. VIABILIDADE ECONÔMICA NA CONSTRUÇÃO UTILIZANDO (MADEIRA, ALVENARIA E BAMBU).

Constatou-se que a construção da divisória em Madeira 3x4 custaria R$1.793. A construção da divisória em Alvenaria 3x4 custaria R$2.871,34. E a construção da divisória de Bambu custaria R$983,56, a (Tabela 1) demonstra os produtos utilizados e os valores para construção das três estruturas.

Observou-se uma discrepância nos valores para construção de estruturas com a mesma dimensão, a parede de alvenaria é disparada a mais caro, certamente a distância de Tabatinga da capital Manaus e a logística de transporte inflaciona o preço do material de construção. A parede em madeira tem o segundo maior valor agregado, mesmo com pendências de regulamentação o preço da madeira assusta, mas certamente o valor agregado à madeira seria maior, caso as serrarias responsáveis pelo beneficiamento da madeira pagassem todos os encargos de licença.

A construção da parede em Bambu seguindo o mesmo padrão das paredes de Alvenaria e Madeira, apresentou os melhores preços de produtos e custo total da obra. As vantagens de utilizar o bambu são detalhadas por SEBRAE (2022), o bambu é capaz de crescer em diversos tipos de clima e pode atingir até 30 metros de altura. Além de ser uma alternativa sustentável, ele também é mais leve e apresenta características de resistência equivalentes às do concreto e tração semelhante à do aço, segundo diversos estudos. Outra propriedade da espécie é a sua velocidade de crescimento: em um período de três a cinco anos, o bambu pode ser cortado, voltando a crescer depois.

Quanto ao esforço da mão de obra para construção das três estruturas a discrepância nos valores aumenta os custos com a construção da estrutura em alvenaria 06 diárias pedreiro R$1.200,00, outrossim que eleva os gastos é o cimento a média de preço de R$75,00 saco com 50 kg. A construção em Madeira apresenta valores mais modestos para construção da estrutura que esse trabalho dispôs a fazer a análise de materiais para construí-la, seriam necessárias 04 diárias carpinteiro R$800,00, o segundo maior gasto seria com a compra das Tábuas, para construir a parede 3x4 utilizar-se-ia 15 tábuas escama R$ 525,00.

Entretanto, os gastos com a construção da estrutura em Bambu com dimensões de 3x4 utilizaria 50 bambus, medindo 3,10m com custo da unidade a R$5,00, totalizando um investimento de R$250,00. Seriam necessárias três diárias de carpinteiro equivalente a R$600,00.

Essa relação de valores para construção de uma parede divisória de sala e/ou espaço comercial medindo 3x4 quando utiliza o bambu tem uma redução de R$809,05 quando comparado com valor gasto para construção da parede com as mesmas dimensões utilizando a madeira. A economia é maior quando comparado com a construção da estrutura em alvenaria R$1.887,78, essa demonstração de economia na construção civil certamente é vista com bons olhos para o construtor e para quem está construindo.

Relacionando os materiais utilizados para construir as estruturas em Alvenaria, Madeira e Bambu, observa-se que a utilização do bambu certamente produz menos impactos ao meio ambiente e diminui a quantidade de resíduos. A construção civil tem que construir e/ou trabalhar respeitando os aspectos fundamentais da Sustentabilidade Ecológica/Ambiental, Sustentabilidade Econômica e Sustentabilidade Cultural e Social.

Os principais aspectos da Sustentabilidade Ecológica e Ambiental é a observância de uma construção que utilize materiais que produzem poucos resíduos, desde a extração a passar pela obra/construção e pós-construção. A Sustentabilidade Econômica, sugere a utilização de recursos a longo prazo, ou seja, recursos duráveis e que tenham baixo custo para compra e manutenção. A Sustentabilidade Cultural e Social na construção civil é equivalente a garantia de conforto e proteção de valores, acautelando-se pelos valores anteriormente citados, nesse contexto a construção civil tem responsabilidade de inovar e demonstrar aos clientes a relevância das inclusões de novas tecnologias e matérias que produzem menor quantidade de resíduos e menos impactos ao ecossistema.

Socialmente temos um problema a resolver, Caeiro (2010), quando falamos de casas de bambu, é que as populações consideram este material como de pobre ou “não digno”; sempre que nas apresentações e conversas nas diferentes comunidades onde estou a trabalhar no México falo do bambu como uma alternativa as caras apreensivas surgem. O mesmo autor destaca que a experiência do Brasil, diziam que era a madeira dos pobres. Na Europa não conhecem e pensam que é um material de decoração. Há, portanto, aqui um papel de educação e sensibilização por parte dos profissionais da construção para mudar este referencial.

Tabela 1: Orçamento para construir uma perde divisória de MADEIRA, ALVENARIA e BAMBU, medindo 3x4.

Quantificações de materiais de uma **divisória de MADEIRA** 3X4 na loja Empório das Tintas.		
02 Lixas	Nº 100	R$ 6,00
02 Pincéis	04 "P"	R$ 32,00
01 Lata de selador para madeira	3.6 l	R$ 75,00
02 Latas de tinta óleo	3.6 l	R$ 180,00
01 KG de Prego	03 "P"	R$ 18,00
01 KG de prego	02 "P"	R$ 24,70
Valor total	**Valor total R$ 336,06**	
Quantificações de materiais de uma divisória de **MADEIRA 3X4** Madeireira AJC Variedades.		
08 Listões	2x2 de 4 m.c	R$ 132,00
15 Tábuas de escama	4 m.c	R$ 525,00
Valor total	**Valor total R$ 657,00**	
04 diárias carpinteiro R$ 800,00 **Valor total para construir a divisória de MADEIRA 3X4** **R$ 1.793,06**		
Quantificação de materiais para uma **divisória de ALVENARIA de 3x4 m** na loja Empório das Tintas em Tabatinga.		
Material		Valor
300 Tijolos		R$ 360,00
01 Balde de M. Acrílica		R$ 133,00
06 Sacos de Cimento de 50 KG		R$ 450,00
02 Galões de tinta Acrílica Sem Brilho		R$ 180,00
02 Rolo ante respingo		R$ 26,00
06 Lixas d'água		R$ 18,00
02 Seladores Impermeabilizantes		R$ 264,00
03 m^3 de areia		R$ 240,00
Valor total		**R$ 1.671,00**

Tabela 1: Orçamento para construir uma perde divisória de MADEIRA, ALVENARIA e BAMBU, medindo 3x4. (continuação)

Quantificações de materiais de uma **divisória de MADEIRA** 3X4 na loja Empório das Tintas.		
06 Diárias pedreiro R$ 1.200,00 **Valor total da obra divisória de ALVENARIA de 3x4 m** **R$ 2.871,34**		
Quantificação de materiais para uma **divisória de BAMBU de 3x4m** na loja Empório das Tintas materiais de construção.		
01 lata de selador	3.6L para madeira	R$ 75,56
01 lata de verniz	3.6L para madeira incolor	R$ 150.00
01 KG de prego	1"p''	R$ 25.00
01 KG de prego	3"p''	R$ 18.00
Valor Total	**R$ 268,56**	
Quantificação feita na madeireira AJC Variedades para uma divisória de **Bambu de 3x4m**.		
04 Listões	5x2 de 04 metros	R$ 100,00
10 Parafusos de madeira	N° 10, 3"P"	R$ 10,00
10 Buchas	N° 10	R$ 5,00
Valor total	**R$ 115,00**	
Quantificação do Bambu extraído do terreno do Sr. Arnaldo Pereira Batista.		
Material / Tamanho	Valor unitário	**Valor total**
50 Bambus / 3,10 m.c	R$ 5,00	**R$ 250,00**
03 Diárias carpinteiro R$ 600,00 Valor total da obra construção divisória de BAMBU de 3x4m **R$ 983,56**		

Fonte: Lima & Lima (2024).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, é evidente que a aplicação de bambu na construção civil no município de Tabatinga vai reduzir a demanda pela madeira extraída e comercializada ilegalmente, doravante é essencial que as construtoras que atuam no referido município comecem a olhar a questão da sustentabilidade para minimizar os impactos ambientais.

A maquete desenvolvida no decorrer desse trabalho demonstrou que a utilização do bambu é prático, rápido, baixo, rústico e ao mesmo tempo muito sofisticado, assim como os desenhos técnicos que ampliam a possibilidades de uso e aplicação. Ressalta-se a necessidade de informar a população da necessidade de buscar alternativas ambientalmente corretas na hora de construir e não podemos falar exclusivamente da madeira, mas não podemos esquecer do cimento e a construção em alvenaria que tem elevados custos de produção e extração, ambientalmente o processo de extração causa grandes impactos.

Quando comparado com outras matérias primas utilizadas na construção civil e levando em consideração o cultivo, manejo e extração do bambu causar menor impacto ao meio ambiente, a construção utilizando esse recurso é economicamente mais viável que construir com alvenaria e madeira como demonstrado na comparação para construir uma estrutura/parede de 3x4m. Enfim, o bambu é um material renovável que apresenta propriedades semelhantes aos materiais de construção convencionais.

REFERÊNCIAS

[1] ALMEIDA, V. M. C. **Aplicabilidade Do Bambu Na Construção Civil.** Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde, 2023.

[2] CANAVAN, S.; RICHARDSON, D.M.; VISSER, V.; LEROUX, J.J.; VORONTSOVA, M.S.; WILSON, J.R.U. The global distribution of bamboos: assessing correlates of introduction and invasion. AoB PLANTS, 2017.

[3] CAEIRO, J, G, B, M. Construção em Bambu. Universidade Técnica de Lisboa, 2010.

[4] DENITTIS, M. Analisi sperimentale e numerica di un telaio in Guadua Angustifolia Kunth caricato orizzontalmente: il bambù come possibile alternativa ecosostenibile ai tradizionali materiali da costruzione. Dissertação de Mestrado. Bolonha: Università di Bologna. 2018/2019.

[5] EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Bambu é alternativa de renda na produção familiar. 2018. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34230725/bambu-e-alternativa-de-renda-na-producao. 01 mai. 2024.

[6] GHAVAMI, K. Bambu: um material alternativo na engenharia. Construção Civil/Pesquisa, Engenharia, Nº 492, p. 23-27, 1992.

[7] NASCIMENTO, F. P. Classificação da Pesquisa. Natureza, método ou abordagem metodológica, objetivos e procedimentos. Capítulo 6 do livro “Metodologia da Pesquisa Científica: teoria e prática – como elaborar TCC”. Brasília: Thesaurus, 2016.

[8] NUNES, G.M.; JÚNIOR, A,S.S; PASTOR, J.S. O uso do bambu como material estrutural na construção civil. Divulgação científica e tecnológica do IFPB. Revista Principia, 2021.

[9] SEBRAE, Conheça as vantagens da utilização do bambu nas construções. Conhecido como “aço verde”, o bambu desponta como uma alternativa econômica e ecológica na construção civil. 2022.

[10] TEIXEIRA, A,A. Painéis de bambu para habitações econômicas: Avaliação do desempenho de painéis revestidos de argamassa. Universidade de Brasília – UNB, 2006.

Capítulo 23

Análise da existência de projetos residenciais unifamiliares nas moradias dos habitantes do município de Parintins/AM

Waldemar Rodrigues Neto
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: O objetivo do presente estudo é analisar a existência de projetos residenciais unifamiliares de construção civil nas moradias dos habitantes do município de Parintins/AM, tendo como público-alvo da pesquisa dois bairros do município sendo: um localizado mais ao centro e o outro na periferia da cidade. Para realização deste estudo buscou-se tomar como base um referencial teórico acerca do tema, trazendo os principais itens que estão presentes na estrutura de um projeto estrutural de uma edificação residencial e aplicou-se um questionário em 20 residenciais para investigar a realidade local. Após aplicação do questionário foi possível observar que existe uma disparidade muito significativa na diferença de realidade entre os dois bairros, onde o Bairro Centro apresentou possuir algumas residências com projeto estrutural e a maior parte de suas edificações trazem elementos do projeto estrutural apesar de nem todas possuírem o mesmo. Já no bairro da União foi possível perceber que nenhuma casa apresentou possuir projeto estrutural, além disso, a maioria das residências nem sequer apresentaram elementos estruturais de sustentação ou fundação em suas edificações, provando que o município de Parintins apresenta carência em possuir residências com projeto estrutural independente de sua localidade.

Palavras-chave: Projetos; Construção civil; População parintinense.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional tem impulsionado uma demanda crescente por moradia e melhores condições de vida. Contudo, essa procura nem sempre ocorre de maneira legal, o que leva à ocupação irregular de terras e à construção de habitações sem a devida autorização e planejamento técnico (FERREIRA, 2019). Essa situação resulta em sérias consequências ambientais e sociais, especialmente em municípios como Parintins, no estado do Amazonas, que têm enfrentado um número significativo de invasões e ocupações desordenadas, muitas vezes em áreas inadequadas para habitação.

Conforme aponta Ferreira (2021), é fundamental que haja fiscalização eficaz das áreas de preservação e zonas restritas, com o objetivo de conter o avanço das ocupações ilegais e garantir a manutenção de um meio ambiente equilibrado, essencial para a qualidade de vida das gerações presentes e futuras.

No contexto de Parintins, muitas famílias detêm a posse de seus imóveis, mas não possuem a titularidade legal da terra. Tal irregularidade gera diversos conflitos fundiários e implica em constrangimentos para os moradores, que enfrentam dificuldades relacionadas à regularização da propriedade, manutenção patrimonial, acesso ao crédito bancário, inserção no mercado formal imobiliário e acesso à justiça. De acordo com Ferreira (2019), imóveis em situação irregular apresentam desvantagens que comprometem sua valorização e segurança, além de expor os moradores a riscos estruturais e jurídicos.

Em Fernandes (2023), o autor destaca que as ocupações ilegais em Parintins tiveram início na década de 1990, com destaque para a área da antiga Fazenda Itaúna, marcando profundamente o processo de expansão urbana do município. Essas invasões resultaram em impactos ambientais e sociais relevantes. Um exemplo emblemático é o bairro União, anteriormente coberto por vegetação nativa, que deu lugar a ocupações informais. Posteriormente, o bairro foi regularizado, beneficiando milhares de famílias e apresentando atualmente uma diversidade significativa de edificações residenciais.

Entretanto, observa-se que a maioria dessas construções foi realizada sem a elaboração prévia de projetos estruturais. Em grande parte dos casos, as residências foram construídas diretamente pelos próprios moradores, sem o acompanhamento técnico de profissionais qualificados, como engenheiros civis, arquitetos ou urbanistas. Segundo Araújo apud Santos (2020), a presença de um profissional habilitado é essencial para garantir a segurança e a eficiência das edificações, uma vez que esses especialistas têm a competência necessária para adequar o projeto às normas técnicas, prevenir patologias construtivas, otimizar custos e assegurar um resultado final satisfatório e duradouro.

Considerando esse panorama, o presente artigo tem como objetivo analisar a presença de projetos residenciais unifamiliares em dois contextos distintos do município de Parintins: o bairro União, que representa uma área de menor poder aquisitivo, e a região central da cidade, que concentra residências de famílias com maior poder econômico. A análise busca verificar se há correlação entre nível socioeconômico e a formalização das construções por meio de projetos técnicos.

Embora o nível de renda possa influenciar a contratação de profissionais especializados, estudos como o de Araújo apud Queiroz, Silva e Fernandes (2019) indicam que a maioria das obras particulares no Brasil ainda é executada por meio da autoconstrução, sem a presença de acompanhamento técnico, independentemente da

classe social. Tal prática reduz o valor de mercado dos imóveis, especialmente em negociações com instituições financeiras, onde essas construções são tratadas apenas como benfeitorias, sem o reconhecimento de sua totalidade como patrimônio regularizado.

Dessa forma, este estudo propõe-se também a contribuir com a conscientização da população local sobre a importância da construção regularizada, respeitando as etapas previstas no processo construtivo e contando com a atuação de profissionais habilitados. A formalização por meio de projetos estruturais contribui para a segurança das edificações, a valorização dos imóveis, a legalidade fundiária e a obtenção de melhores condições de financiamento, resultando em benefícios sociais, econômicos e urbanísticos para o município.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada neste estudo baseia-se em pesquisa bibliográfica e na realização de estudo de caso, com enfoque qualitativo, visando à compreensão aprofundada da temática relacionada a projetos residenciais unifamiliares e ao atendimento dos objetivos propostos.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com o intuito de identificar os principais elementos a serem considerados na elaboração de um projeto residencial unifamiliar. Essa etapa fundamentou-se na análise de normas técnicas específicas e em referenciais teóricos pertinentes ao tema, possibilitando a construção de um referencial técnico que embasou a fase empírica da investigação. A fundamentação teórica obtida permitiu o desenvolvimento de critérios para a avaliação da presença de projetos em edificações residenciais, destacando a importância do planejamento técnico no processo construtivo.

Na etapa seguinte, foi conduzido um estudo de caso com o objetivo de analisar a existência de projetos arquitetônicos em residências localizadas em dois bairros do município de Parintins, no estado do Amazonas. A seleção dos bairros considerou aspectos socioeconômicos distintos: o bairro União, caracterizado por famílias de classe média/baixa, e a área central da cidade, onde predominam residências de famílias de classe média/alta. A comparação entre esses contextos buscou verificar a possível influência do nível de renda na contratação de serviços técnicos especializados para a construção de moradias.

A coleta de dados foi realizada por meio de visitas domiciliares e entrevistas estruturadas com os titulares das unidades habitacionais selecionadas. Durante as visitas, aplicou-se um questionário padronizado com questões de múltipla escolha, conforme apresentado no Quadro 1, com o objetivo de identificar a existência ou não de projetos residenciais nas moradias analisadas. A amostra incluiu vinte residências no total, sendo dez unidades avaliadas em cada um dos bairros mencionados.

Essa abordagem permitiu uma análise comparativa entre diferentes realidades socioeconômicas, contribuindo para o entendimento da relação entre o poder aquisitivo e a formalização técnica das edificações residenciais no município de Parintins.

Quadro 1: Perguntas aplicadas aos moradores

Questionário	
1.	**Você sabe o que é um projeto residencial?**
a)	Sim;
b)	Não;
c)	Já ouvi falar.
2.	**Sua residência possui um projeto residencial?**
a)	Sim;
b)	Não, pois não sabia da sua existência;
c)	Não, pois não tenho condições financeiras;
d)	Não, pois não foi necessário.
3.	**Você acha que o projeto residencial tem importância na construção de uma residência?**
a)	Sim, é muito importante;
b)	Não, não tem importância nenhuma;
c)	Desconheço sua importância.
4.	**No caso de sua casa não possuir um projeto, você vê a necessidade de regularizar-la algum dia?**
a)	Sim.
b)	Não, pois não acho importante;
c)	Não, pois irei gastar muito dinheiro;
d)	Não, pois não tenho condições financeiras;
e)	Minha casa possui um projeto.

Fonte: Autores (2024).

Após a aplicação do questionário será realizado um comparativo dos resultados obtidos para observar a influência da diferença de classes sociais entre os bairros analisados. Podendo assim verificar a quantidade de projetos residenciais existentes nas moradias selecionadas e o conhecimento acerca do tema pelos habitantes do município de Parintins. Buscando também colaborar para conscientizar a sociedade parintinense da importância de se realizar um projeto residencial antes de construir sua moradia.

3. RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os principais resultados obtidos ao longo da pesquisa, iniciando-se com uma breve contextualização teórica sobre a importância da etapa de execução no desenvolvimento de projetos residenciais no âmbito da construção civil. A adequada elaboração e execução de projetos proporciona maior segurança na obra, otimiza o uso de materiais, evita desperdícios e reduz a necessidade de reformas precoces, garantindo um ambiente funcional, estável e eficiente, supervisionado por profissionais qualificados.

Na sequência, são discutidos os dados coletados por meio de entrevistas realizadas com moradores dos bairros Centro e União, no município de Parintins/AM. A escolha dessas áreas se deu em razão de suas distintas características socioeconômicas: o bairro Centro, situado na área mais valorizada e comercialmente ativa da cidade, é predominantemente habitado por famílias de classe média a média-alta, enquanto o bairro União, localizado em uma região periférica, é composto majoritariamente por famílias de classe média-baixa. Essa distinção permitiu analisar se há relação entre o nível de renda e a presença de projetos técnicos nas construções residenciais.

Com base nas pesquisas bibliográficas, constatou-se que a elaboração de um projeto é uma etapa fundamental no processo construtivo. A partir dele, é possível

acompanhar o cronograma da obra, estimar custos com maior precisão, minimizar despesas desnecessárias e promover segurança técnica, funcionalidade e durabilidade da edificação. A inexistência de um projeto pode comprometer significativamente a qualidade da construção, além de gerar riscos à integridade física dos usuários e dificultar a regularização fundiária.

A literatura técnica aponta que, independentemente da escala do empreendimento, existem prazos e etapas estabelecidas desde o início até a conclusão da obra. Esses marcos são definidos no projeto técnico, que permite o controle e o monitoramento das fases do processo construtivo. Nesse contexto, destaca-se a NBR 17170 (2022), que estabelece critérios de prazos e garantias para obras públicas e privadas, independentemente de seu porte. A norma atua como instrumento de referência técnica e diretrizes que envolvem garantias estruturais, manuais de uso, operação e manutenção das edificações, além de outros documentos técnicos fornecidos pelo incorporador, construtor ou prestador de serviço.

Na elaboração de projetos, é essencial definir o tipo e a estrutura da edificação. Nesta pesquisa, optou-se por analisar projetos residenciais unifamiliares, cujas estruturas podem ser organizadas em duas grandes categorias: infraestrutura e superestrutura. A infraestrutura refere-se aos elementos localizados abaixo da cota do terreno, especialmente as fundações, essenciais para a estabilidade da edificação. Já a superestrutura compreende os componentes localizados acima do solo, como pilares, vigas, paredes e cobertura.

Para sistematizar a análise dos elementos técnicos durante as visitas domiciliares, foi elaborado o Quadro 2, o qual apresenta os principais itens observados nas edificações avaliadas, conforme os critérios da NBR 15575-1 (2013), que trata do desempenho de edificações habitacionais.

Quadro 2: Itens que serão observados na visita domiciliar.

Projeto de casa unifamiliar NBR 15575-1 (2013)
Infraestrutura: A infraestrutura é tudo aquilo que se situa abaixo de uma construção. Sendo a parte inferior de uma estrutura de engenharia civil, que geralmente não fica à vista, porém se localiza abaixo da cota do terreno. E exerce um papel fundamental para a edificação, pois nela está presente as fundações. ● Limpeza do terreno: Ao iniciar-se uma obra, faz-se necessário organizar o local onde será executado os serviços, de forma que sejam evitadas ao máximo perda de tempo e outros tipos de impossibilidade que possam comprometer o andamento da construção. ● Sapatas: As sapatas são elementos de fundação rasa e necessitam serem calculadas os diagramas de tensão na base, devendo ser representados e compatíveis com as características do terreno de apoio. (NBR 6122, 2019, p.25).
Superestrutura: É a parte de uma edificação que fica acima do solo, podendo ser representadas por pilares, vigas e lajes. ● Pilares: O objetivo dos pilares é possibilitar a sustentação necessária para suportar os elementos estruturais da edificação construída. ● Parede: Vem como um elemento de vedação, onde irá ter a função de dividir, organizar o ambiente e proteger a parte interna da edificação contra possíveis variações do ambiente externo. ● Cobertura: Pode ser definida com estrutura que irá envolver a parte superior da edificação, sendo responsável pela proteção contra qualquer tipo de ação intempéries e fatores externos. ● Instalações complementares: São os projetos que complementam as plantas, sendo eles o elétrico e o hidrossanitário que serão analisados nesta pesquisa.

Fonte: Autores (2024).

O presente estudo buscou verificar a existência de projetos residenciais nas construções de dois bairros distintos na cidade de Parintins. Para tanto, foram realizadas visitas domiciliares estruturadas com o objetivo de identificar a presença ou ausência desses projetos nas residências. Dois bairros foram selecionados para a análise, considerando suas características socioeconômicas distintas.

O primeiro bairro investigado foi o bairro da União, localizado na Rua 8, com CEP 69152-596. Historicamente, essa área teve sua origem marcada por ocupações ilegais de terras, sendo popularmente conhecida como bairro da invasão. Na época das ocupações, as terras estavam sob responsabilidade do governo municipal. Atualmente, essas áreas foram legalmente divididas em lotes e doadas aos moradores que lá residem, resultando em uma transformação gradual na regularização fundiária local.

O segundo bairro analisado foi o Centro, situado em uma das principais áreas comerciais da cidade, na Rua Gomes de Castro, CEP 69151-452. A escolha desse bairro visa representar uma realidade socioeconômica distinta, caracterizada por famílias pertencentes à classe média e média-alta.

O objetivo principal consistiu em verificar a quantidade de projetos residenciais existentes nas construções dos dois bairros, bem como identificar se as edificações contemplavam os aspectos técnicos previstos no Quadro 2, para comparar as diferentes realidades socioeconômicas e sua possível influência na presença de projetos técnicos. Na Figura 1 são apresentadas as localizações dos bairros União (Rua 8) e Centro (Rua Gomes de Castro), conforme dados obtidos via Google Maps (2024).

Figura 1: Bairro da união - Rua 8; (ponto cinza); b) Rua Gomes de Castro, Centro do Município de Parintins.

(a) (b)

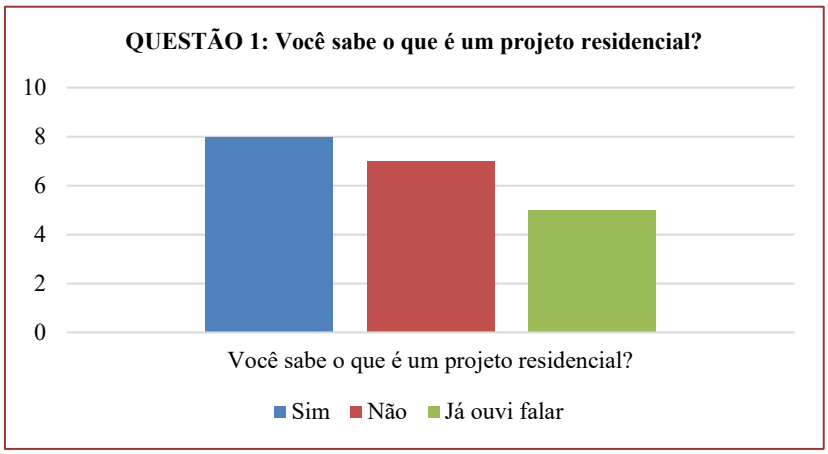
Fonte: Google Maps (2024).

Os resultados da pesquisa domiciliar são apresentados a seguir por meio de gráficos. Inicialmente, no Gráfico 1, foi investigado o conhecimento dos moradores acerca do que constitui um projeto residencial, previamente definido para eles durante as entrevistas. Dos 20 moradores entrevistados, sete residentes no bairro Centro e apenas um no bairro União afirmaram compreender o que seria um projeto residencial. Quatro moradores do bairro União e três do Centro declararam possuir conhecimento limitado

sobre o tema, enquanto cinco entrevistados no bairro União afirmaram não ter nenhum conhecimento a respeito.

Esse resultado evidencia que o bairro com menor poder aquisitivo demonstrou menor familiaridade com o tema, o que pode expor os moradores a riscos decorrentes da construção de suas residências sem o acompanhamento técnico adequado.

Gráfico 1: Questão 1 - Você sabe o que é um projeto residencial?



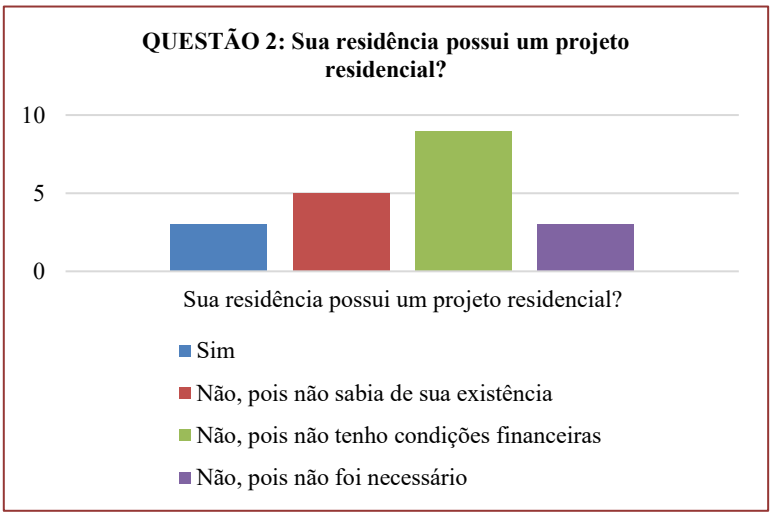
Fonte: Autores (2024).

No Gráfico 2, questionou-se se os entrevistados haviam contratado profissionais qualificados, como arquitetos ou engenheiros, para a elaboração do projeto residencial durante a construção de suas casas. Três moradores do bairro Centro afirmaram possuir projeto residencial formal, incluindo planta baixa e planta de locação, documentos exigidos pela prefeitura de Parintins. Por outro lado, cinco moradores do bairro União relataram desconhecer a existência de qualquer projeto e, em grande parte, construíram suas residências por conta própria, baseando-se em conhecimentos empíricos e práticos.

Adicionalmente, sete moradores do Centro e dois do União declararam não ter contratado profissionais para a elaboração do projeto em função dos custos financeiros envolvidos, considerados altos para sua realidade econômica. Para esses, a opção foi construir com o auxílio de pedreiros, profissionais mais acessíveis e comuns na região para obras e reformas residenciais. Três moradores do bairro União relataram que o projeto não seria necessário, justificando que, por trabalharem na construção civil como pedreiros, acreditam possuir conhecimento suficiente para a execução das obras sem acompanhamento técnico, não percebendo vantagens na contratação de profissionais habilitados.

Esses dados indicam que, mesmo em bairros de maior poder aquisitivo, a procura por profissionais qualificados para a elaboração de projetos residenciais é baixa. A maior parte da população entrevistada associa o projeto apenas a um aumento nos custos da obra, sem considerar adequadamente a importância da segurança, qualidade construtiva e os riscos envolvidos na ausência de acompanhamento técnico e de conformidade com as normas vigentes. Tal cenário resulta na realização de obras que podem carecer de segurança e qualidade, além de potencial desperdício de materiais.

Gráfico 2: Questão 2: Sua residência possui um projeto residencial?



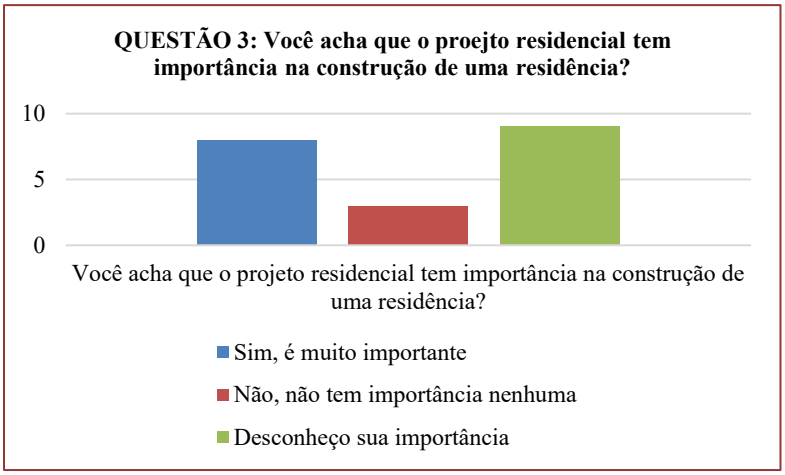
Fonte: Autores (2024).

No Gráfico 3, foi investigada a percepção dos 20 moradores acerca da importância do projeto residencial na construção de suas moradias, com o intuito de avaliar o conhecimento da população sobre o tema. Oito moradores do bairro Centro reconheceram que a elaboração do projeto residencial constitui uma etapa fundamental na construção, destacando que, por meio do projeto, é possível evitar custos desnecessários, garantir uma construção de qualidade acompanhada por profissionais habilitados e facilitar futuras manutenções.

Por outro lado, dois moradores do bairro Centro e sete do bairro União declararam desconhecer a relevância do projeto na construção civil, alegando não possuir conhecimento suficiente sobre sua função e importância. Esses moradores não consideraram o projeto como uma etapa essencial e obrigatória, capaz de proporcionar maior segurança a todos os envolvidos no processo construtivo, independentemente do porte da obra, além de assegurar um resultado final satisfatório e de qualidade. Adicionalmente, três moradores do bairro União desconsideraram totalmente a importância do projeto estrutural, justificando tal posicionamento pelo fato de atuarem como pedreiros em empresas terceirizadas na construção civil local. Esses indivíduos acreditam possuir conhecimento técnico e experiência prática equivalentes ou superiores aos profissionais habilitados, e construíram suas residências de forma autônoma.

Os resultados indicam que grande parte dos entrevistados demonstra desconhecimento acerca da importância do projeto estrutural, um fator preocupante, pois a ausência desse planejamento pode resultar em edificações mais suscetíveis a patologias, erros construtivos e até acidentes cotidianos. Ademais, a falta de acompanhamento técnico especializado compromete a avaliação adequada dos riscos, das condições ideais de execução, da qualidade dos materiais utilizados e do cumprimento das normas vigentes na construção civil.

Gráfico 3: Questão 3: Você acha que o projeto residencial tem importância na construção de uma residência?



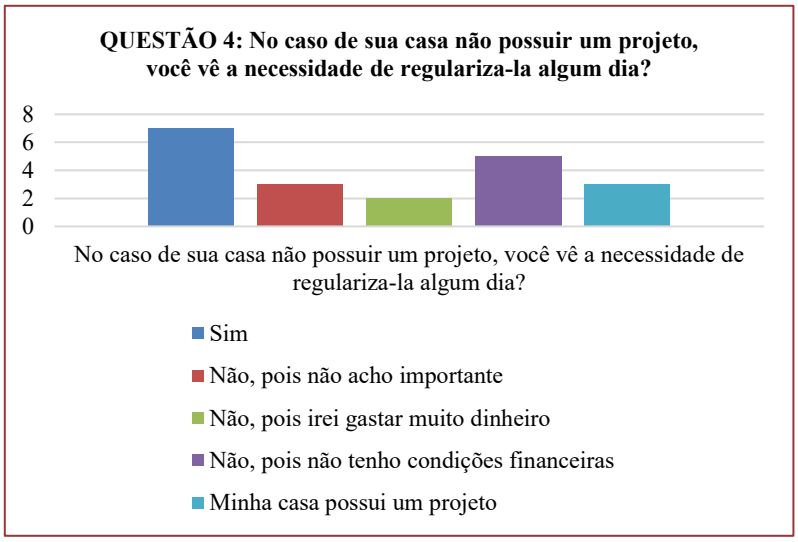
Fonte: Autores (2024).

No Gráfico 4, foi questionado aos moradores se manifestavam interesse em regularizar suas residências futuramente, caso obtivessem condições financeiras para tanto. Sete moradores do bairro Centro afirmaram a intenção de regularizar seus imóveis, argumentando que a regularização facilitaria reformas ou a venda da propriedade para instituições financeiras, especialmente considerando que a maioria planeja realizar reformas ainda neste ano. Em contrapartida, três moradores do bairro União descartaram a possibilidade de regularização, declarando satisfação com as condições atuais de suas residências. Outros dois moradores desse mesmo bairro justificaram a impossibilidade da regularização em função dos elevados custos envolvidos.

Além disso, cinco moradores do bairro União consideraram a regularização uma possibilidade remota, ainda que reconheçam sua importância, devido às dificuldades financeiras para arcar até mesmo com despesas básicas como água e energia elétrica. Por fim, três moradores do bairro Centro informaram já possuir projeto estrutural para suas residências.

Esses resultados evidenciam duas realidades socioeconômicas distintas. O bairro Centro, com melhores condições financeiras, apresenta um panorama relativamente positivo, visto que possui residências com projetos estruturais e moradores dispostos a regularizar seus imóveis assim que possível. Em contrapartida, o bairro União, caracterizado por menor poder aquisitivo, apresenta cenário desfavorável, com ausência de projetos estruturais e baixa expectativa de regularização por parte dos moradores, que enfrentam dificuldades financeiras até para o pagamento de contas básicas.

Gráfico 4: Questão 4: No caso de sua casa não possuir um projeto, você vê a necessidade de regularizar-la algum dia?



Fonte: Autores (2024).

3.1. ANÁLISE COMPARATIVA DO PODER ECONÔMICO X EXISTÊNCIA DE PROJETOS RESIDENCIAIS.

A análise comparativa entre o poder econômico e a existência de projetos residenciais em dois bairros de Parintins evidenciou uma disparidade significativa entre as realidades observadas. No bairro Centro, foram identificadas três residências com projetos estruturais entre as dez pesquisadas. As demais unidades manifestaram interesse em regularizar seus imóveis, reconhecendo a importância do projeto para a valorização do imóvel, aumento da segurança e garantia de maior qualidade da edificação. Esse cenário está relacionado às melhores condições financeiras dos moradores do bairro Centro, que também parecem possuir maior acesso a informações técnicas sobre construção civil. Conforme relatos, muitas dessas residências passam por reformas anuais, que variam desde intervenções superficiais, como pintura, até melhorias estruturais mais complexas.

A inspeção das edificações no bairro Centro revelou que a maioria das residências apresenta elementos estruturais compatíveis com projetos técnicos, tais como fundações, vigas, viga de amarração superior, telhado estruturado adequadamente e acabamento das paredes em prumo. Mesmo nas residências sem projeto estrutural formal, observou-se a consideração de elementos essenciais para a estabilidade e segurança da construção no momento da execução.

Em contraste, no bairro da União, entre os dez moradores entrevistados, nenhuma residência apresentou projeto estrutural formal. A maior parte dos entrevistados demonstrou desconhecimento sobre a existência e a importância do projeto estrutural, além de indicar que a regularização dos imóveis não é considerada uma opção viável devido às limitações financeiras enfrentadas. Tal realidade reflete o acesso reduzido a informações técnicas e à assistência especializada, resultando em construções irregulares, suscetíveis a patologias precoces e que colocam em risco a segurança dos moradores.

A análise da estrutura das casas no bairro da União evidenciou práticas construtivas inadequadas, especialmente no que se refere à viga baldrame, que não foi executada conforme as normas técnicas vigentes. Em substituição ao uso de ferragens recomendadas, foram utilizados tijolos empilhados para suportar as cargas da superestrutura, material inadequado para essa função e que compromete a segurança da edificação. Ademais, os pilares foram construídos com treliças mal dimensionadas, algumas residências sequer possuem viga baldrame, e a ausência de viga de amarração no telhado faz com que este fique apoiado diretamente sobre as paredes.

Em diversos casos, as alvenarias apresentam ausência de chapisco e reboco, o que acelera a deterioração dos tijolos e compromete a durabilidade da construção.

Esses aspectos revelam a profunda disparidade entre os dois bairros estudados. Enquanto o bairro Centro, mesmo não apresentando condições ideais, demonstra um desempenho relativamente satisfatório, o bairro da União expõe uma realidade preocupante, na qual é necessária uma série de modificações estruturais para garantir maior segurança e adequação às normas técnicas da construção civil, visando à proteção e ao bem-estar dos moradores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais desta pesquisa evidenciam que a investigação sobre a existência de projetos residenciais no município de Parintins foi realizada em dois bairros que apresentam características socioeconômicas e contextos urbanos bastante distintos. O bairro Centro situa-se em uma área central e comercial, constituída desde a fundação da cidade, enquanto o bairro da União localiza-se em uma região periférica, originada na década de 1990 a partir de ocupações informais de terras.

A análise dos resultados revelou uma disparidade significativa quanto ao conhecimento e à presença de projetos estruturais nas residências dos dois bairros. No bairro Centro, três das dez residências pesquisadas possuíam projeto estrutural formal, e as demais manifestaram interesse em regularizar seus imóveis, reconhecendo a importância do projeto para a segurança e valorização da edificação. Em contrapartida, no bairro da União não foi identificada nenhuma residência com projeto estrutural, e os moradores demonstraram desconhecimento ou desinteresse pela regularização, principalmente devido às limitações financeiras enfrentadas.

A inspeção das estruturas das edificações corroborou essa diferença, evidenciando que o bairro Centro apresenta maior número de construções com elementos estruturais compatíveis com as normas técnicas, como fundações, pilares e vigas. Mesmo as residências sem projeto formal exibem algumas características essenciais para a estabilidade da edificação. Já no bairro da União, as construções se afastam significativamente dos padrões normativos, com ausência de fundações adequadas e elementos estruturais essenciais, o que compromete a segurança dos moradores e aumenta a vulnerabilidade a patologias que podem acelerar a deterioração dos imóveis.

Apesar das diferenças observadas, o número total de residências com projeto estrutural ainda é muito inferior ao esperado para ambos os bairros. De um total de vinte casas analisadas, apenas três apresentaram projetos estruturais, o que indica uma lacuna significativa na regularização e na adequação técnica das construções no município de Parintins. Mesmo o bairro Centro, que possui melhores condições econômicas e maior acesso à informação, apresenta uma proporção reduzida de residências com projetos

formais, evidenciando a necessidade de políticas públicas e ações educativas que incentivem a elaboração e o uso de projetos estruturais para garantir a segurança e qualidade das habitações na cidade.

REFERÊNCIAS

[1] ARAUJO, C. H. N. L. **Análise da regularização das obras particulares na Cidade de Condado-PB**. Cajazeiras-PB, 2021. Disponível em: https://repositorio.ifpb.edu.br/bitstream/177683/1376/1/TCC%20%20Carlos%20Henrique%20da%20Nobrega%20Linhares%20Araujo.pdf. Acessado em: 17 de maio de 2024.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 17170: Edificações — Garantias — Prazos recomendados e diretrize**s. Rio de Janeiro, 2022.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2019.

[5] FERREIRA, F. **Irregularidade da posse da terra urbana, invasão de domicílios e espaço metropolitano.** EURE (Santiago), v. 45, n. 136, p. 93-111, 2019. Disponível em: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0250716120190003000 93&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 17 de maio de 2024.

[6] FERREIRA, H. T. **Controle de invasão de terra pública e área de preservação permanente da área correspondente a 1ª cia do batalhão de policiamento rural por meio de aeronave remotamente pilotada-rpa**. Brasília/DF, 2021. Disponível em: http://repositorioacademico.pm.df.gov.br:8080/jspui/bitstream/123456789/259/1/T%c3%9aLIO%20HENRIQUE%20FERREIRA.pdf. Acesso em: 17 de maio de 2024.

[7] FERNANDES, K. R. **Histórias e memórias de lutas por moradia em Parintins (2017–2022)**. Parintins/AM, 2023. Disponível em : http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/bitstream/riuea/5447/1/Hist%C3%B3rias%20e%20mem%C3%B3rias%20de%20lutas%20por%20moradia%20em%20Parintins%20%282017%20%E2%80%93%202022%29.pdf. Acesso em: 27/05/2024.

Capítulo 24

Técnicas construtivas de um pavimento flexível em Parintins - AM

Yuri Leite Machado
Alexandra Amaro de Lima

Resumo: A pavimentação é de grande relevância para o desenvolvimento e qualidade de vida dos espaços urbanos. O pavimento é uma estrutura de diversas camadas sobrepostas sobre a estrutura final de terraplenagem. O artigo "Técnicas construtivas de um pavimento flexível em Parintins–AM" teve como principal objetivo analisar a execução e implantação de uma pavimentação no bairro do Distrito Industrial. O enfoque metodológico adotado na pesquisa foi um levantamento bibliográfico, após observar-se os processos metodológicos utilizados durante a obra de pavimentação, fez-se um comparativo dos procedimentos encontrados na literatura com a obra executada verificando as diferenças e semelhanças. Desse modo, apresentamos os resultados da pesquisa encontrada em normas vigentes, e essas informações foram repassadas em tabelas para melhor compreensão de cada etapa que compõem o pavimento flexível, a partir da observação in loco descreveu-se o método usado pela empresa na execução do pavimento flexível em forma de tópicos, e analisou-se a teoria e a prática obtendo-se dados que foram mostrados em quadros comparativos para melhor entendimento das etapas. Portanto, o presente artigo possibilitou um conhecimento sobre a importância do seguimento correto do uso das normas para uma conscientização de profissionais da área para que sejam feitas obras com qualidades e funcionais para a população, evitando excessivos gastos públicos na manutenção destas obras.

Palavras-chave: Pavimentação Flexível; semelhanças entre os pavimentos.

1. INTRODUÇÃO

Desde o período colonial, o pavimento já era utilizado no Brasil, ainda que de forma rudimentar, por meio de caminhos precários usados por padres e indígenas (BUSON et al., 2020). Em Bernucci et al. (2022), os autores traçam uma linha do tempo da pavimentação no país, com base em estudos de diversos autores especializados no tema. Segundo Santos (2021), as primeiras estradas brasileiras remontam ao ano de 1560, durante o governo de Mem de Sá, terceiro governador-geral do Brasil, sendo o caminho aberto entre São Vicente e o Planalto posteriormente denominado Estrada do Mar.

As rodovias propriamente ditas só começaram a ser implantadas no século XX, impulsionadas pela industrialização e pelo crescimento urbano. Nesse contexto, destaca-se a célebre frase do então governador de São Paulo, Washington Luís: "governar é abrir estradas" (DE LIMA, 2018). Entre as décadas de 1930 e 1990, nos governos de Getúlio Vargas, Juscelino Kubitschek e durante o regime militar, foram implementados diversos projetos de infraestrutura, como a construção da Rodovia Presidente Dutra, das BRs 101 e 116, além da expansão da malha rodoviária pavimentada, facilitando o acesso a diferentes regiões do país (DNIT, 2018).

Desde os anos 2000, tem-se observado um esforço contínuo para melhorar a pavimentação e a infraestrutura de transporte no Brasil. Contudo, ainda persistem desafios significativos, como a manutenção das estradas existentes, a ampliação da rede para áreas remotas e a mitigação dos impactos ambientais gerados por essas obras (SALOMÃO et al., 2019).

Na região Norte, as dificuldades se acentuam devido a características naturais como a vasta extensão territorial, a presença da floresta amazônica e os desafios logísticos associados. As primeiras estradas surgiram no auge do ciclo da borracha, abertas por migrantes em busca de acesso a novas localidades (Fraga et al., 2024). As obras pioneiras de pavimentação na região incluem as rodovias Belém–Brasília e Transamazônica (SOUZA et al., 2023). No entanto, muitos estados ainda enfrentam a ausência de pavimentação adequada ou a falta de manutenção das vias existentes, devido à dificuldade de realizar intervenções em áreas de floresta tropical, territórios protegidos ambientalmente e regiões habitadas por comunidades indígenas (Ferreira et al., 2021).

No estado do Amazonas, especificamente no município de Parintins, o crescimento populacional impulsionado pela migração resultou na ocupação de novas áreas, evidenciada pela formação de bairros — um fenômeno observado em diversas cidades brasileiras (MENEZES, 2017). Nesse contexto, a pavimentação torna-se uma questão prioritária. Segundo a NBR 7207/82 da ABNT, o pavimento é uma estrutura construída após a terraplenagem, cuja função é distribuir os esforços verticais do tráfego ao subleito, melhorar as condições de segurança, conforto e rolamento, além de resistir aos esforços horizontais, garantindo a durabilidade da via.

Em Parintins, muitos dos novos bairros surgem por meio de ocupações informais ou loteamentos realizados por proprietários de grandes áreas de terra, com o objetivo de comercializar terrenos para habitação. Contudo, essas áreas geralmente carecem de planejamento de infraestrutura básica (FUZIEL et al., 2023). A ausência de pavimentação acarreta diversos transtornos à população, como dificuldade de locomoção durante o período chuvoso, formação de grandes buracos, acidentes, danos a veículos, acúmulo de lixo e elevação do nível do solo (AZEVEDO et al., 2022).

É responsabilidade do poder público municipal manter e aprimorar o patrimônio urbano, incluindo a pavimentação de vias, que deve estar integrada a setores como saneamento, abastecimento de água, telecomunicações e planejamento urbano. Essa integração é fundamental para garantir intervenções eficientes, tanto em termos de execução quanto de manutenção, além de permitir uma avaliação mais precisa das alternativas técnicas adotadas (Lei Federal n.º 6.938/81).

A pavimentação nas áreas urbanas é fundamental não apenas para a mobilidade, mas também para o desenvolvimento socioeconômico, contribuindo com segurança viária, conforto para pedestres e motoristas, e redução dos impactos nas intervenções de manutenção (OLIVEIRA, 2018). Além disso, pavimentos bem projetados são a base para a qualidade de vida urbana, o crescimento econômico e a eficiência logística (SOUZA, 2019).

Em Parintins, a pavimentação do bairro Distrito Industrial representa um avanço estratégico. Sendo uma área voltada para empresas, a melhoria viária facilitou a logística, impulsionou a economia local e trouxe benefícios estéticos à cidade — que possui relevância nacional por seu forte apelo turístico, principalmente pelas manifestações culturais dos bois-bumbás Garantido e Caprichoso, além das quadrilhas e outros eventos folclóricos.

O presente artigo tem como objetivo analisar a execução e implantação da pavimentação no bairro Distrito Industrial da cidade de Parintins (AM). Para isso, realizou-se um estudo bibliográfico sobre obras de pavimentação com enfoque em pavimento flexível, investigando os processos metodológicos utilizados e comparando os dados da literatura com a obra executada, a fim de identificar semelhanças e divergências entre ambos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção serão apresentados os principais procedimentos usados para o desenvolvimento da análise das técnicas construtivas de pavimento flexível implementado em alguns bairros da cidade de Parintins/AM. A cidade de Parintins possui em torno de 96.372 habitantes, segundo o censo de 2023 do IBGE (2023). A Figura 1 apresenta a localização do distrito industrial, local onde foi aplicado o estudo de caso.

Figura 1 - Mapa do Distrito Industrial

Fonte: Google Maps (2024).

A pesquisa será iniciada com um estudo bibliográfico, cujo objetivo é levantar, desenvolver e analisar criticamente documentos publicados sobre o tema em questão, a

fim de atualizar o conhecimento, aprofundar a compreensão teórica e contribuir com a fundamentação da investigação (BOCCATO, 2006). Os dados serão coletados a partir de registros relacionados a pavimentos flexíveis, encontrados em livros, artigos científicos, trabalhos acadêmicos, sites institucionais de universidades, institutos de pesquisa e normas técnicas vigentes. Após a revisão teórica, será aplicado um checklist contendo as etapas do processo de execução do pavimento flexível, com o objetivo de verificar como essas etapas devem ser analisadas e implementadas.

Na sequência, foram identificadas as normas técnicas associadas, sendo consideradas também as observações realizadas durante o período de estágio. Com base nessa vivência prática, foi possível verificar todos os procedimentos adotados pela empresa responsável pela execução da obra, considerando as características específicas do local e o projeto executivo previamente elaborado. Dessa forma, os processos metodológicos adotados serão apresentados em formato de tópicos, com marcadores, divididos em três etapas principais:

2.1. TERRAPLENAGEM

A terraplenagem constitui a primeira e uma das mais importantes etapas na construção de rodovias. Essa fase envolve a remoção e o deslocamento controlado de solo, visando a criação de uma superfície nivelada e estável que sirva de base para as camadas do pavimento (GALEGO et al., 2021). No caso da obra realizada no Distrito Industrial de Parintins (AM), a terraplenagem foi executada com a interação entre máquinas e operários, envolvendo cortes, aterros e modelagem do terreno. O objetivo foi estruturar camadas com capacidade de suporte adequada às cargas previstas, alcançando espessuras e níveis determinados por estudos prévios e aplicados no projeto executivo. Essa etapa representou o ponto de partida para os demais processos de pavimentação.

2.2. APLICAÇÃO DA PINTURA DE LIGAÇÃO

A pintura de ligação, ou imprimação asfáltica, é fundamental para garantir a aderência entre a base do pavimento e a camada asfáltica superior. Além disso, atua na impermeabilização e na estabilização da base (DNIT 144/2014). Após a conclusão da terraplenagem, a imprimação foi aplicada com o auxílio de máquinas e operários, visando reduzir a perda de finos, melhorar a durabilidade do pavimento e assegurar a coesão entre as camadas estruturais.

2.3. APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO

O revestimento asfáltico consiste na camada final aplicada sobre a base, responsável por resistir ao desgaste provocado pelo tráfego, proteger contra ações climáticas e garantir boa aderência aos veículos (DNIT 031/2006). Sendo a última etapa da execução, sua aplicação ocorreu após a pintura de ligação e teve como objetivo principal proteger a estrutura inferior do pavimento, aumentando a vida útil da via e proporcionando segurança e conforto aos usuários. Para essa atividade, também foram utilizados equipamentos específicos e mão de obra especializada da empresa executora.

Após o levantamento bibliográfico e a observação direta da obra, as informações foram organizadas em quadros comparativos, nos quais é possível verificar a conformidade entre os procedimentos executados e o que está previsto nas normas

técnicas. O modelo adotado para esse quadro apresenta três colunas: à direita, estão listadas as etapas que compõem um pavimento flexível; ao centro, a identificação do cumprimento de cada etapa, indicada pelas respostas “sim” ou “não”; e à esquerda, observações relevantes sobre a execução ou eventuais desvios do previsto.

3. RESULTADOS

No desenvolvimento deste projeto, apresenta-se a pesquisa fundamentada em referenciais bibliográficos, com base na utilização das normas técnicas vigentes. A seguir, são descritos os conceitos e, por meio de tabelas, a finalidade de cada etapa exigida no processo de execução do pavimento.

A sub-base é a camada situada logo abaixo da base do pavimento. Sua principal função é distribuir as cargas transmitidas pela base, proporcionando uma superfície mais estável e uniforme. Essa camada contribui para reduzir a deformação do solo natural e aumentar a capacidade estrutural do pavimento como um todo. É geralmente composta por materiais granulares, como brita graduada, pó de pedra e misturas de solos. A sub-base desempenha um papel essencial na durabilidade e no desempenho do pavimento flexível ao longo do tempo.

Para garantir sua eficiência, os materiais utilizados devem apresentar Índice de Suporte Califórnia (ISC) ≥ 20%, Índice de Grupo (IG) igual a 0 e expansão ≤ 1%. A Tabela 1 apresenta as etapas que compõem a execução da sub-base do pavimento. O processo se inicia com a preparação da mistura prévia, que deve ser elaborada com precisão, visando garantir sua integridade e estabilidade. Em seguida, ocorrem a mistura em pista e o espalhamento dos materiais, atividades que geralmente são realizadas de forma simultânea, a fim de assegurar a homogeneização adequada dos componentes no local e atender às proporções exigidas pelo projeto.

Ainda na Tabela 1, são descritas as etapas de correção e finalização da homogeneização, que ocorrem de forma integrada para que se atinja o teor de umidade ideal, conforme estabelecido pela norma. Posteriormente, são executadas as etapas de compactação, verificação da espessura da camada e acabamento da sub-base. Essas etapas são fundamentais para garantir a resistência ao tráfego, bem como a regularização da superfície que receberá as camadas subsequentes do pavimento.

Tabela 1: Etapas de execução da sub – base.

Mistura prévia	Deve ser executada preferencialmente em centrais de mistura próprias para este fim.
Mistura da pista	A mistura na pista somente pode ser procedida quando na mesma for utilizado material da pista existente
Espalhamento	O material distribuído é homogeneizado mediante ação combinada de grade de discos e motoniveladora. No decorrer desta etapa, devem ser removidos materiais estranhos ou fragmentos de tamanho excessivo.
Correção e homogeneização da umidade	A variação do teor de umidade admitido para o NORMA DNIT 139/2010-ES 4 material para início da compactação é de menos 2 pontos percentuais até mais 1 ponto percentual da umidade ótima de compactação. Caso o teor de umidade se apresente abaixo do limite mínimo especificado, deve-se proceder ao umedecimento da camada com caminhão-tanque distribuidor de água, seguindo-se a homogeneização pela atuação de grade de discos e motoniveladora.
Concluída a correção e homogeneização da umidade	o material deve ser conformado, de maneira a se obter a espessura desejada após a compactação.
Espessur da camada	A espessura da camada compactada não deve ser inferior a 10 cm nem superior a 20 cm. Quando houver necessidade de se executar camadas de sub-base com espessura final superior a 20 cm, estas devem ser subdivididas em camadas parciais. A espessura mínima de qualquer camada de sub-base deve ser de 10 cm, após a compactação.
Compactação	Estabelecer o número de passadas necessárias dos equipamentos de compactação para atingir o grau de compactação especificado. Deve ser realizada nova determinação, sempre que houver variação no material ou do equipamento empregado. A compactação deve evoluir longitudinalmente, iniciando pelas bordas. Nos trechos em tangente, a compactação deve prosseguir das duas bordas para o centro, em percursos equidistantes da linha base, o eixo. Os percursos ou passadas do equipamento utilizado devem distar entre si de forma tal que, em cada percurso, seja coberta metade da faixa coberta no percurso anterior. Nos trechos em curva, havendo superelevação, a compactação deve progredir da borda mais baixa para a mais alta, com percursos análogos aos descritos para os trechos em tangente Durante a compactação, se necessário, pode ser promovido o umedecimento da superfície da camada, mediante emprego de carro-tanque distribuidor de água. Está operação é exigida sempre que o teor de umidade estiver abaixo do limite inferior do intervalo de umidade.
Acabamento	O acabamento deve ser executado pela ação conjunta de motoniveladora e de rolos de pneus e liso-vibratório. A motoniveladora deve atuar, quando necessário, exclusivamente em operação de corte, sendo vetada a correção de depressões por adição de material.
Abertura ao tráfego	A sub-base estabilizada granulometricamente não deve ser submetida à ação do tráfego. A extensão máxima a ser executada deve ser aquela para a qual pode ser efetuado de imediato o espalhamento do material da camada seguinte, de forma que a sub-base já liberada não fique exposta à ação de intempéries que possam prejudicar sua qualidade.

Fonte: NORMA DNIT 139/2010 – ES

A base é a camada de um pavimento sobre a qual será construído o revestimento, sendo responsável por resistir aos esforços verticais gerados pelo tráfego de veículos e distribuí-los adequadamente às camadas inferiores. Essa estrutura é executada sobre a sub-base, o subleito ou o reforço do subleito, os quais devem estar devidamente regularizados e compactados (DNIT, 2022).

Para garantir sua eficiência, os materiais utilizados na base devem atender aos seguintes critérios: Índice de Suporte Califórnia (ISC) ≥ 60% para Número N ≤ 5 x 10^6 e ISC ≥ 80% para Número N > 5 x 10^6 (DNIT 172 – ME); Limite de Liquidez ≤ 25% (DNER – ME 122/94); e Índice de Plasticidade ≤ 6% (DNER – ME 082/94).

A Tabela 2 apresenta as etapas de execução da base do pavimento. Assim como na sub-base, o processo tem início com a preparação da mistura prévia, a qual deve ser elaborada com precisão para garantir a integridade e estabilidade do material. Em seguida, ocorrem a mistura em pista e o espalhamento dos materiais, geralmente realizados de forma simultânea, com o objetivo de promover uma homogeneização adequada e atender às proporções determinadas em projeto.

A Tabela 2 ainda contempla as etapas de correção e finalização da homogeneização, fundamentais para atingir o teor de umidade exigido pela norma. Posteriormente, são executadas as etapas de compactação, controle da espessura da camada e acabamento da base. Essas atividades são essenciais para assegurar o suporte necessário ao tráfego e para preparar adequadamente a superfície que receberá o revestimento asfáltico.

Tabela 2: Etapas de execução da base de pavimentação

Mistura prévia	A mistura para base estabilizada granulometricamente deve ser preparada, preferencialmente, em centrais de mistura, objetivando as vantagens técnicas e econômicas na dosagem e homogeneização da mistura.
Mistura na pista	Inicialmente, deve ser distribuído na pista o material que entra na composição da mistura em maior quantidade. A seguir, deve ser espalhado o segundo material, em quantidade que assegure o atendimento à dosagem e à espessura pretendida.
Espalhamento	O material deve ser distribuído e homogeneizado mediante ação combinada de grade de discos e motoniveladora, em quantidade suficiente para obtenção da espessura da camada compactada definida em projeto.
Correção e homogeneização da umidade	A variação do teor de umidade admitida para o material para início da compactação é de +/- 1 % da umidade ótima de compactação. Caso o teor de umidade esteja abaixo do limite mínimo especificado, deve ser procedido o umedecimento da camada com caminhão-tanque distribuidor de água, seguido da homogeneização pela atuação de grade de discos e motoniveladora.
Compactação	Estabelecer o número de passadas necessárias dos equipamentos de compactação para atingir o grau de compactação especificado. Deve ser realizada nova determinação, sempre que houver variação no material ou do equipamento empregado. A compactação deve evoluir longitudinalmente, iniciando pelas bordas. Nos trechos em tangente, a compactação deve prosseguir das duas bordas para o centro, em percursos equidistantes da linha base, o eixo. Os percursos ou passadas do equipamento utilizado devem distar entre si de forma tal que, em cada percurso, seja coberta metade da faixa coberta no percurso anterior. Nos trechos em curva, havendo superelevação, a compactação deve progredir da borda mais baixa para a mais alta, com percursos análogos aos descritos para os trechos em tangente. Durante a compactação, se necessário, pode ser promovido o umedecimento da superfície da camada, mediante emprego de carro-tanque distribuidor de água. Está operação é exigida sempre que o teor de umidade estiver abaixo do limite inferior do intervalo de umidade.

Tabela 2: Etapas de execução da base de pavimentação (continuação)

Espessura da camada compactada	A camada compactada deve ter espessura no intervalo entre 10 cm e 20 cm. Quando houver necessidade de se executar camadas de base com espessura final superior a 20 cm, estas devem ser subdivididas em camadas parciais, sendo 10 cm a espessura mínima permitida após compactação, para as camadas subdivididas.
Acabamento	O acabamento deve ser executado pela ação conjunta de motoniveladora e de rolos compactadores. A motoniveladora deve atuar, quando necessário, exclusivamente em operação de corte, sendo vetada a correção de depressões por adição de material. A base estabilizada granulometricamente deve ser imprimada imediatamente, de acordo com as técnicas previstas na norma DNIT 144 – ES: Pavimentação – Imprimação com ligante asfáltico, de forma que a base acabada não fique exposta à ação de intempéries que possam prejudicar sua qualidade.
Abertura do tráfego	A base estabilizada granulometricamente não deve ser submetida à ação do tráfego, até ser liberada pelo controle de deflexão.

Fonte: NORMA DNIT 141/2022 – ES

3.1. IMPRIMAÇÃO COM LIGANTE ASFÁLTICO

A imprimação com ligante asfáltico é uma etapa comum na construção e manutenção de pavimentos. Consiste na aplicação de um material asfáltico sobre a superfície da base já concluída, com o objetivo de conferir coesão superficial, impermeabilizar e garantir a aderência entre a base e o revestimento asfáltico que será aplicado posteriormente.

A Tabela 3 apresenta as etapas envolvidas na execução da imprimação da base do pavimento. O processo se inicia com a sinalização da área, a fim de delimitar o local de trabalho e impedir a circulação de veículos, pedestres ou quaisquer outros elementos que possam interferir na atividade.

Em seguida, realiza-se a limpeza da superfície, normalmente com o auxílio de uma vassoura mecânica, além do umedecimento da pista com caminhão-pipa, preparando o local para a aplicação do ligante. A aplicação deve seguir rigorosamente a taxa de distribuição definida no projeto, respeitando a tolerância estabelecida, a fim de garantir uma perfeita ligação entre a base e o revestimento.

A finalização da etapa ocorre após o tempo de cura do ligante, momento em que a área pode ser liberada ao tráfego. Caso sejam identificadas falhas na aplicação, realiza-se a reaplicação do ligante asfáltico nos trechos necessários, assegurando a uniformidade e eficiência do processo.

Tabela 3: Etapas de execução da imprimação.

Sinalização para execução	Antes da execução dos serviços, deve ser implantada a adequada sinalização, visando à segurança do tráfego no segmento rodoviário, e efetuada sua manutenção permanente durante a execução dos serviços.
Limpeza da superfície	Após a perfeita conformação geométrica da base, proceder à varredura da superfície, de modo a eliminar todo e qualquer material solto.
Umedecimento da pista	Antes da aplicação do ligante asfáltico a pista pode ser levemente umedecida.
Aplicação do ligante	A temperatura de aplicação do ligante asfáltico deve ser fixada para o tipo de ligante, em função da relação temperatura x viscosidade, escolhendo-se a temperatura que proporcione a melhor viscosidade para seu espalhamento. A faixa de viscosidade recomendada para espalhamento dos asfaltos diluídos é de 20 a 60 segundos Saybolt Furol (NBR 14.491:2007). No caso de utilização da EAI a viscosidade de espalhamento é de 20 a 100 segundos Saybolt Furol.
Tolerância de taxa de aplicação	É definida pelo projeto e ajustada experimentalmente no campo é de ± 0,2 l/m2.
Abertura ao tráfego	Deve-se imprimar a largura total da pista em um mesmo turno de trabalho e deixá-la, sempre que possível fechada ao tráfego. Quando isto não for possível, trabalha-se em uma faixa de tráfego e executa-se a imprimação da faixa de tráfego adjacente assim que a primeira for liberada ao tráfego. O tempo de exposição da base imprimada ao tráfego, depois da efetiva cura, deve ser condicionado ao comportamento da mesma, não devendo ultrapassar 30 dias.
Correções da aplicação do ligante	A fim de evitar a superposição ou excesso nos pontos iniciais e finais das aplicações devem ser colocadas faixas de papel transversalmente na pista, de modo que o início e o término da aplicação do ligante asfáltico situem-se sobre essas faixas, as quais devem ser, a seguir, retiradas. Qualquer falha na aplicação do ligante asfáltico deve ser imediatamente corrigida.

Fonte: NORMA DNIT 144/2014-ES

3.2. REVESTIMENTO ASFÁLTICO

O revestimento asfáltico exerce diversas funções essenciais em vias e demais superfícies pavimentadas. Entre elas destacam-se a proteção da estrutura do pavimento, a impermeabilização contra a infiltração de água, a aderência entre os pneus dos veículos e a pista, além de proporcionar maior conforto e segurança na condução.

A Tabela 4 apresenta as etapas da execução do revestimento asfáltico. O processo tem início com a fabricação da mistura na usina asfáltica, devendo ser seguida de transporte adequado até o local da aplicação. Esse transporte deve ser feito com cuidados específicos para preservar as propriedades da mistura e evitar alterações que possam comprometer o desempenho estrutural do pavimento.

Em seguida, ocorrem as etapas de distribuição e compactação da mistura asfáltica. Ambas devem ser executadas conforme os parâmetros de projeto, garantindo a espessura mínima da camada, a largura da pista e a obtenção de uma compactação uniforme e eficiente, aspectos fundamentais para a durabilidade e a qualidade da superfície de rolamento.

Tabela 4: Etapas de execução do revestimento asfáltico.

Transporte do concreto asfáltico	O concreto asfáltico produzido deve ser transportado, da usina ao ponto de aplicação, nos caminhões tipo basculante. Para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada. Cada carregamento deve ser coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura.
Distribuição da mistura	A distribuição do concreto asfáltico deve ser feita por pavimentadoras automotrizes. Após a distribuição do concreto asfáltico, tem início a rolagem. Como norma geral, a temperatura de rolagem é a mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar, temperatura essa fixada, experimentalmente, para cada caso. Caso sejam empregados rolos de pneus, de pressão variável, inicia-se a rolagem com baixa pressão, a qual deve ser aumentada à medida que a mistura seja compactada, e, consequentemente, suportando pressões mais elevadas.
Compactação da mistura	A compactação deve ser iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compactação deve começar sempre do ponto mais baixo para o ponto mais alto. Cada passada do rolo deve ser recoberta na seguinte de, pelo menos, metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até o momento em que seja atingida a compactação especificada. Durante a rolagem não são permitidas mudanças de direção e inversões bruscas da marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém – rolado. As rodas do rolo devem ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura.

Fonte: NORMA DO DNIT 031/2006 – ES

Como sequência do projeto, destacam-se os métodos utilizados na área em construção do Distrito Industrial de Parintins – AM, que incluem:

3.3. TERRAPLENAGEM E APLICAÇÃO DA SUB-BASE

Na execução desta etapa, deu-se início com o estudo preliminar, cujo objetivo foi analisar diversos aspectos fundamentais para a obra, tais como: características do terreno, tráfego estimado, condições climáticas locais, entre outros fatores. Essas análises foram essenciais para definir as especificações técnicas, os materiais adequados e a espessura necessária do pavimento.

A aplicação da sub-base teve início com o transporte do material por caminhões basculantes, provenientes de uma jazida previamente definida. O solo foi descarregado em uma área já preparada, e sua composição era de aproximadamente 46% de solo arenoso, 50% de areia e 4% de cimento.

Após o despejo do material, iniciou-se o processo de homogeneização, realizado com o auxílio de uma motoniveladora equipada com lâminas dianteiras e garras traseiras, que promovem a escarificação e a mistura adequada dos componentes.

Em seguida, passou-se à etapa de compactação. Foram avaliadas as condições do solo depositado para determinar o número de passadas necessárias, com base nas especificações do projeto. A estabilização foi realizada inicialmente com o uso do rolo compactador tipo pé de carneiro, que, por meio de vibrações, gera energia de impacto necessária para a compactação em profundidade. Posteriormente, utilizou-se o rolo com tambor liso para acabamento superficial e regularização da camada, preparando-a para

as etapas seguintes da pavimentação. Ao final do processo, a sub-base atingiu uma espessura de 20 cm, conforme previsto no projeto.

Assim, a Imagem 1 ilustra as etapas realizadas na obra. A Imagem 1a mostra o processo de mistura dos materiais da sub-base, executado com o escarificador de solo. A Imagem 1b apresenta a compactação final da camada, com o rolo de tambor liso realizando o nivelamento adequado.

Imagem 1: a) Misturas dos materiais da sub-base; b) Compactação com rolo com tambor liso

(a) (b)

Fonte: Autores (2024).

3.4. APLICAÇÃO DA BASE

Após a conclusão da sub-base, deu-se continuidade à obra com a aplicação da base. Assim como na etapa anterior, os materiais foram transportados por caminhões basculantes provenientes da jazida e descarregados no local previamente preparado. A composição da base utilizou os mesmos materiais da sub-base, com a adição de brita, o que proporcionou maior resistência estrutural ao pavimento.

Foi realizada a mistura dos materiais diretamente na pista, seguida pelo espalhamento com auxílio de motoniveladoras. Em seguida, procedeu-se à análise das condições do solo, sendo efetuadas correções sempre que necessário, como o umedecimento em determinados trechos para garantir a umidade ideal.

A compactação foi iniciada com o rolo compactador tipo pé de carneiro, responsável pelos primeiros passes. O número de passadas foi definido com base na resposta do solo ao processo, conforme orientações do projeto. Posteriormente, utilizou-se o rolo de tambor liso para a compactação final e a regularização da superfície, preparando-a para receber a etapa seguinte: a aplicação da pintura de ligação. De acordo com as especificações do projeto, essa camada foi projetada e executada com espessura de 20 cm.

A Imagem 2 mostta algumas etapas da execução, sendo a Imagem 2a o espalhamento dos materiais da base, compostos por solo arenoso, areia, cimento e brita, realizado com motoniveladora. Já a Imagem 2b exibe o processo de compactação da base, sendo possível observar o rolo pé de carneiro em operação.

Imagem 2: a) Espalhamento do material; b) Compactação com rolo pé de carneiro

(a)

(b)

Fonte: Autores (2024).

3.5. APLICAÇÃO DA PINTURA DE LIGAÇÃO

Após a conclusão dos processos de terraplenagem, teve início a imprimação das áreas que posteriormente receberiam o revestimento asfáltico. O material utilizado para realizar a ligação entre a base e o revestimento foi o ligante asfáltico CM-30, escolhido por sua adequada capacidade de adesão e resistência.

Esse ligante, assim como os demais insumos utilizados na obra, era transportado da usina até o local de aplicação por meio de equipamentos apropriados. De acordo com os engenheiros responsáveis, antes da aplicação eram realizados ensaios laboratoriais para verificar se o material atendia às especificações exigidas pelas normas técnicas. Somente após a validação dos resultados o produto era liberado para aplicação.

A Imagem 3a mostra o processo de aplicação do CM-30, distribuído uniformemente sobre a base com o auxílio de um distribuidor de asfalto líquido e operários. A Imagem 3b exibe a via após a finalização da imprimação, já pronta para a etapa seguinte da pavimentação.

Imagem 3: a) Despejo do CM-30; b) Imprimação do trecho

(a) (b)

Fonte: Autores (2024).

3.6. APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO

Nesta etapa final do projeto no Distrito Industrial de Parintins – AM, destacam-se os procedimentos executados para a aplicação do revestimento asfáltico. Inicialmente, foi realizada a preparação da superfície com a pintura de ligação utilizando o ligante CM-30. Após a sua aplicação e cura, procedeu-se ao lançamento de brita sobre o ligante, etapa conhecida como sarrafeamento. Esse processo tem como objetivo nivelar e alisar a superfície, garantindo uniformidade, eliminando ondulações e favorecendo a compactação do material, o que contribui para a integridade estrutural do pavimento.

Na sequência, foi realizada a aplicação da capa de revestimento, fabricada previamente na usina asfáltica da empresa e transportada ao local. O material utilizado foi o CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente), composto por agregados minerais como pedra britada e areia, ligante asfáltico do tipo betume modificado e aditivos. Esses aditivos foram selecionados de acordo com as características específicas da obra, podendo incluir modificadores de adesividade, de fluxo, de resistência à fadiga e à deformação permanente.

Em seguida, a pavimentadora de asfalto foi empregada para espalhar o revestimento de forma uniforme. Inicialmente, foi ajustada a largura de um dos lados da pista para 3,20 metros, com espessura de lançamento de 5 cm. Após os ajustes de largura e espessura, o equipamento realizou o acabamento inicial e a compactação da mistura a quente. O mesmo procedimento foi repetido no outro lado da pista.

Por fim, foi executada a compactação final, com o objetivo de regularizar e finalizar a superfície do pavimento. Após a compactação inicial (rolagem de breakdown), realizada pela própria pavimentadora, entraram em ação os rolos compactadores: o rolo pneumático, responsável pela aplicação de pressão e compactação, e o rolo de tambor liso, que assegurou densidade e uniformidade à superfície. Esses equipamentos realizaram as passadas intermediárias e finais, eliminando imperfeições e garantindo uma superfície lisa e regular.

A Imagem 4a mostra a execução da aplicação do CBUQ, sendo realizada com a pavimentadora e apoio dos operários. Já a Imagem 4b apresenta o processo de compactação do revestimento, feito com o auxílio dos rolos de pneus e rolos com tambor liso.

Imagem 4: a) Execução do revestimento; b) Compactação do revestimento

(a) (b)

Fonte: Autores (2024)

3.7. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS UTILIZADOS NA OBRA EM ESTUDO

O Quadro 1 apresenta o comparativo referente à execução da etapa de sub-base. Nele, são listadas as etapas recomendadas pelas normas técnicas e identificadas quais dessas foram adotadas na obra em estudo, além de uma descrição de como cada procedimento foi executado na prática.

Quadro 1: Comparativo de execução de etapas de sub - base

SUB – BASE		
Etapas	**Usado**	**Observação**
Mistura prévia	Não	Método não escolhido para execução
Mistura na pista	Sim	Materiais misturados com maquinário específico (motoniveladora).
Espalhamento	Sim	Materiais espalhados com maquinário específico (motoniveladora).
Correção e homogeneização da umidade	Sim	Quando havia necessidade de umedecimento da camada.
Concluída a correção e homogeneização da umidade	Sim	Após a análise da etapa anterior, era observado se foi executado dentro das normas. Caso não, era refeito o processo.
Espessura da camada	Sim	Camada executada de acordo com as normas NORMA DNIT 139/2010 – ES, com 20 cm de espessura.
Compactação	Sim	Realizados com maquinários e materiais específicos para à determinada atividade.
Acabamento	Sim	Realizado com maquinário específico (rolo compactador com tambor liso).
Abertura do tráfego	Não	Sem o controle devido dessa atividade, por motivo dos moradores necessitarem trafegar.

O Quadro 2 descreve o comparativo de execução de uma etapa de base, o qual mostra as etapas definidas pelas normas e quais dessas foram utilizadas na obra em estudo, com observação de que forma foram executadas.

Quadro 2: Comparativo de execução de etapas de base

BASE		
Etapas	**Usado**	**Observação**
Mistura prévia	Não	Método não escolhido para execução
Mistura na pista	Sim	Materiais misturados com maquinário específico.
Espalhamento	Sim	Materiais espalhados com maquinário específico.
Correção e homogeneização da umidade	Sim	Quando havia necessidade de umedecimento da camada. Com maquinário específico.
Compactação	Sim	Realizados com maquinários e materiais específicos para à determinada atividade
Espessura da camada compactada	Sim	Camada executada de acordo com as normas, NORMA DNIT 141/2022 – ES com 20 cm de espessura, o máximo permitido.
Acabamento	Sim	Realizado com maquinário específico, (rolo compactador com tambor liso).
Abertura do tráfego	Não	Sem o controle devido dessa atividade, por motivo dos moradores necessitarem trafegar.

Fonte: Autores (2024)

O Quadro 3 descreve o comparativo de execução de uma etapa de imprimação, o qual mostra as etapas definidas pelas normas e quais dessas foram utilizadas na obra em estudo, com observação de que forma foram executadas.

Quadro 3: Comparativo de execução de etapas de Imprimação

IMPRIMAÇÃO COM LIGANTE ASFÁLTICO		
Etapas	**Usado**	**Observação**
Sinalização para execução	Sim	Utilizada em alguns trechos.
Limpeza da superfície	Não	Observou – se que está etapa não aconteceu.
Umedecimento da pista	Não	Observou-se a não realização dessa etapa.
Aplicação do ligante	Sim	Realizado com maquinário específico, (caminhão distribuidor de asfalto).
Tolerância de taxa de aplicação	Sim	Controle realizado com suporte do maquinário especializado.
Abertura do tráfego	Não	Sem o controle devido dessa atividade, por motivo dos moradores necessitarem trafegar.
Correções de aplicação de ligante	Não	Observou-se a não realização desta etapa.

Fonte: Autores (2024)

No Quadro 4, ressaltamos o comparativo das etapas que são exigidas pelas normas e o que foi executado no revestimento asfáltico do pavimento na obra em estudo, com observação de que forma foram executadas.

Quadro 4: Comparativo de execução de etapas de revestimento asfáltico

REVESTIMENTO ASFÁLTICO		
Etapas	**Usado**	**Observação**
Transporte do concreto asfáltico	Sim	Transportado em maquinários especializados (caminhão basculante) e dentro das exigências das normas.
Distribuição da mistura	Sim	Realizada com maquinário especializado (pavimentadora de asfalto).
Compactação da mistura	Sim	Executada com maquinários apropriados para etapa (rolos compactadores de pneus e rolos de tambor liso).

Fonte: Autores (2024)

4. CONSIDERAÇOES FINAIS

Este artigo apresentou um estudo de caso sobre a execução de pavimento flexível em um logradouro na cidade de Parintins – AM. A análise das etapas de sub-base, base, imprimação e revestimento revelou que nem todas as atividades previstas pelas normas técnicas foram rigorosamente seguidas, principalmente devido à indisponibilidade de materiais adequados e aos custos elevados. Essa ausência de conformidade pode ocasionar problemas futuros, como trincas, afundamentos, desagregação do revestimento asfáltico, entre outros.

Com o objetivo de documentar os métodos adotados na obra, foram elaborados quadros comparativos para cada etapa do pavimento flexível. Esses registros servem como base teórica para profissionais que atuem em contextos semelhantes, além de auxiliarem empresas responsáveis por futuras manutenções.

Conclui-se, portanto, que a execução de pavimentos flexíveis requer o cumprimento rigoroso das normas vigentes, garantindo a qualidade, a durabilidade e o desempenho esperado da estrutura.

REFERÊNCIAS

[1] AZEVEDO, K. E. F. D, et al. **Transporte intraurbano: o mototáxi e a produção e reprodução do espaço urbano na cidade de Parintins-AM**. 2022.

[2] BRASIL. Lei **nº**6. 938 de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação**.

[3] BUSON, C. B, et al. **A proposta do caminho para os ervais: desenvolvendo territórios através da criação de itinerários culturais na fronteira Brasil-Paraguai.** Espacio Tiempo Y Forma. Serie VI, Geografía, 2020.

[4] BERNUCCI, L. B, et al. **Pavimentação Asfáltica: formação básicas para engenheiros.** Rio de Janeiro: Petrobras; ABEDA, 2022.

[5] BOCCATO, V. R. C. **Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação.** Rev. Odontol. Univ. Cidade São Paulo, São Paulo, v. 18, n.3, p. 265 – 274 2006. Disponível em: Cadernos da Fucamp, v.20, n.43, p. 64 – 83/ 2021.

[6] CASTRO, Aline Edilane Ribeiro; EVANGELISTA, Diego Roque Evangelista; SOUZA, Sebastião Perez. **Geopolítica e a rodovia transamazônica**. Revista Geopolítica Transfronteiriça, v. 7, n. 3, p. 35-43, 2023.

[7] DE LIMA, L. O. **1932: São Paulo em chamas**. Editora Planeta do Brasil, 2018.

[8] DNIT 139/2010-ES: **Pavimentação - Sub-base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: IPR

[9] DNIT 141/2022-ES: **Pavimentação – Base estabilizada granulometricamnte – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: IPR.

[10] DNIT 144/2014-ES: **Pavimentação – Imprimação com ligante asfáltico – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: IPR.

[11] DNIT 031/2006-ES: **Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificações de serviço**. Rio de Janeiro: IPR.

[12] DNIT 100/2018-ES: **Obras complementares – Segurança no tráfego rodoviário – Sinalização horizontal – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro: IPR.

[13] DNIT 108/2009-ES: **Terraplenagem – Aterros – Especificações de Serviço. Rio de Janeiro: IPR.**

[14] ESTRUTURA ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO LTDA, **Memorial Descritivo Pavimentação**, Joinville – Santa Catarina, 2021.

[15] FERREIRA, A. A. D. L, et al. **AS DIFICULDADES DO MODAL RODOVIÁRIO NA REGIÃO NORTE DO BRASIL: um estudo de como o frete fracionado pode contribuir com a diminuição no custo da logística de transporte**. Ciência & Tecnologia, v. 13, n. 1, p. 69-78, 2021.

[16] FRAGA, N. C. F.; DA SILVA, M. O. M.; SILVA, H. F. M. **as práticas extrativistas e a construção da rodovia transamazônica como determinantes no desenvolvimento do município de lábrea, no Amazonas.** Revista Geopolítica Transfronteiriça, v. 8, n. 3, p. 10-32, 2024.

[17] FUZIEL, T. A, et al. **"Quando morar é privilégio, ocupar é um direito": história, luta e organização política da ocupação Residencial Parintins**. 2023.

[18] GALEGO, O; DE MARCO, G. **Terraplenagem na construção civil.** RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218, v. 1, n. 1, p. e29740-e29740, 2021.

[19] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2023**. Parintins – Amazonas.

[20] OLIVEIRA, C. S. D**. Análise comparativa técnico-econômica entre os pavimentos de concreto asfáltico e blocos intertravados de concreto**. 2018.

[21] MENEZES, L. D. S. **Ocupação, conflitos e conquistas: a luta pelo direito a terra para moradia e a formação do bairro de Itaúna I/Parintins-Amazonas**. 2017.

[22] PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA. **Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro, Editora Trama Criações de Arte, 2ª ed.2022.

[23] PARINTINS, Prefeitura Municipal de. **Sistema Municipal de Habilitação de Parintins**, 2024.

[24] TAVARES, J. M. da S.; NETO, C. P. **Aspectos do crescimento populacional: estimativas e uso de indicadores sócios demográficos.** Formação (online), 27 (50). formação. V 27i 50. 5928, 2020.

[25] SANTOS, C. C. S. V. **Sustentabilidade na pavimentação rodoviária**. 2021.

[26] SALOMÃO, P. E. A, et al. **Impactos ambientais gerados pela construção e operação de rodovias**. Research, Society and Development, v. 8, n. 10, p. e278101368-e278101368, 2019.

[27] SOUZA, S. P. S. P.; DA SILVA, E. C.; DE LIMA, W. T. **AS GEOPOLITICAS DAS ESTRADAS PARA A AMAZÔNIA**. Revista Geopolítica Transfronteiriça, v. 7, n. 3, p. 18-27, 2023.

[28] SOUZA, J. B. D. D. **Mobilidade urbana: análise da problemática da pavimentação asfáltica no município de Cavalcante-GO**. 2019.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

@editorapoisson

https://www.facebook.com/editorapoisson